



**INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO**

Carina Isabel Sousa Araújo

Reabilitação de Coberturas Tradicionais

Mestrado em Construções Civas
Especialização em Construções

Trabalho efectuado sob a orientação do
Professor Doutor José Ferreira da Silva

Trabalho efectuado sob a co-orientação do
Professor Doutor Manuel Fernando Paulo Pereira

Julho de 2014

MESTRADO EM CONSTRUÇÕES CIVIS 2013/2014

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA E GESTÃO

Tel. +351-258 819 700

Fax +351-258 827 636

Editado por

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA E GESTÃO

Av. do Atlântico, s/n

4900-648 VIANA DO CASTELO

Portugal

Tel. +351-258 819 700

Fax +351-351-258 827 636

✉ direcção@estg.ipvc.pt

🌐 <http://www.estg.ipvc.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado em Construções Cívicas - 2013/2014 – Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Viana do Castelo, Portugal, 2014.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

MEMBROS DO JÚRI

Presidente: Professor Doutor Mário Russo, ESTG

Vogal Arguente: Professor Doutora Cristina Madureira dos Reis, UTAD

Vogal (Orientador): Professor Doutor José Ferreira da Silva, ESTG

À minha mãe e ao meu pai, por todo o amor e dedicação.

Agradecimentos

Esta dissertação insere-se no contexto académico mas seria impossível o seu culminar sem a ajuda de algumas pessoas que foram claramente indispensáveis.

Agradeço ao professor José Ferreira da Silva, meu orientador, por me ter dado a oportunidade de realizar este trabalho. Agradeço pela paciência infindável que teve comigo e com as dificuldades que apresentei, pelo seu esforço e dedicação, para além das suas obrigações profissionais, e pelos ensinamentos que partilhou comigo. Fico lisonjeada por poder tê-lo como orientador.

Agradeço a todos os restantes professores do curso de Engenharia Civil e do Ambiente do Instituto Politécnico de Viana do Castelo por inda me ensinarem e terem paciência para as minhas dúvidas, mesmo à distância.

Agradeço à minha família por todo o amor e carinho. Aos meus avós maternos, aos meus tios e às minhas primas que foram a base da minha vida.

Agradeço à SRP Schneller Ritz und Partner por me incentivarem e me facilitarem a finalização deste trabalho e pela oportunidade que me deram no âmbito profissional.

Agradeço ao meu paizinho pelo tanto que me deu e pelo amor que me tem, sou extremamente grata pelo pai que tenho e sou orgulhosa de poder dizer que é meu pai.

Existe claramente muita gente indispensável na minha vida mas o meu principal agradecimento é para a minha mãe que é o meu exemplo de vida e a minha força. Espero com esta etapa poder compensá-la de tanto esforço e trabalho.

Resumo

A conservação do património e a reabilitação urbana são áreas de grande actualidade nos domínios da urbanização e do sector da construção. Com efeito, se o nosso país assistiu nas últimas décadas à construção de edifícios novos de forma inusitada, a recente crise económica e a que em particular se abateu sobre o sector imobiliário, vieram trazer à luz do dia um parque edificado excedentário. Em contraponto, a degradação dos edifícios antigos, em muitos casos localizados em áreas centrais e votados ao abandono, tornou urgente a realização de intervenções de manutenção e reabilitação de modo sistemático, à semelhança do que há muito vem ocorrendo um pouco por toda a Europa.

A presente dissertação insere-se no domínio da reabilitação do património edificado, muito em particular no caso da reabilitação de coberturas tradicionais.

Pretende-se assim fazer uma abordagem à reabilitação de coberturas inclinadas de edifícios antigos começando com uma abordagem histórica à evolução desta temática, passando pela tipificação de soluções existentes, das patologias mais frequentes e finalmente pela apresentação de soluções para a resolução das mesmas. Conclui-se a dissertação com um caso de estudo no qual se prescreve uma solução de reabilitação duma cobertura tradicional.

Em toda a dissertação foi tida em consideração uma outra temática de grande importância nos dias de hoje: a sustentabilidade. Neste sentido e sempre que possível, foram tratadas soluções que, para além de tradicionais, também se revelavam sustentáveis, seja sob o ponto de vista ambiental, económico ou social.

Esta dissertação foi redigida de acordo com a antiga ortografia.

Palavras-chave: Edifícios; Reabilitação; Coberturas; Sustentável.

Abstract

Urban renewals and heritage conservation are areas of great interest in urbanization and construction's field.

In the last decades our country has seen an important process of urban renewal which has result in a building sprowl with a significant impact in our urban Landscape. Close to this continuous appearing of new buildings it is also important to take in consideration the old buildings, which represent an essencial part of the architectural heritage. Old buildings are in many cases located in central areas and voted to abandon. In order to assure their value in the future it is needed urgently projects to procede with their renovation. However, due to the recent economic crisis, the degradation of old buildings represents a growing problem under politics, economics and social point of view, which goes throught the whole Europe.

The present dissertation intends make a contribution in the field of rehabilitation of built heritage, particularly in the case of rehabilitation of tradicional sloped roofs.

In the first part of the work it is given a literature review which include a discription of different type of roof, an explanation of the most frequent pathologies and solutions for roof renewal. In the second part it is described the case of study related to "Unidade de Saúde Rainha D.Amélia".

Throughout the dissertation was taken into consideration another theme of great importance nowadays: sustainability. In this sense, and whenever possible, were treated sustainable solutions.

This dissertation has been drafted according to the old orthography

Keywords: Buildings; Renewal; Roofs; Sustainable.

Siglas e Abreviaturas

EN	Norma Europeia (European Norms);
DL	Decreto -lei;
R _w	Valor único do índice de redução sonora (dB);
R' _w	Valor único do índice de redução sonora na presença de transmissões marginais (dB);
D _{n, w}	Valor único da diferença de níveis sonoros de elementos de separação de compartimentos normalizada em relação ao tempo de reverberação;
S _s	Área do elemento de separação;
A ₀	A ₀ - Área de absorção sonora de referência para as salas de dimensões correntes em edifícios de habitação;
RRAE	Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios;
CE	Conformidade Europeia (Conformité Européene);
ETA	Aprovações Técnicas Europeias (European Technical Approval);
DPC	Directiva dos Productos de Construção;
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos edifícios de Habitação.

Índice Geral

1.	Introdução	1
1.1.	Objectivos.....	1
1.2.	Estrutura do trabalho	2
2.	Envolvente de um edifício – Exigências funcionais	4
2.1.	A evolução da sociedade e as exigências funcionais da habitação	4
2.2.	Exigências funcionais de edifícios	5
2.3.	Exigências funcionais da envolvente.....	6
3.	Exigências funcionais específicas de coberturas.....	8
3.1.	Soluções construtivas.....	8
3.2.	Protecção contra a água.....	12
3.3.	Protecção contra incêndio.....	14
3.4.	Protecção acústica.....	16
3.5.	Protecção térmica, ventilação e eficiência energética.....	18
4.	Reabilitação	22
4.1.	Patologia em coberturas	25
4.2.	Reabilitação de coberturas.....	33
5.	Caso de estudo	47
5.1.	Descrição da cobertura	49
5.2.	Anomalias existentes.....	51
5.3.	Soluções propostas para reabilitação da cobertura.....	52
6.	Conclusões.....	62
7.	Referências Bibliográficas	63

Índice de figuras

Figura 2-1 Lavadouro público.....	4
Figura 2-2 Forno público	4
Figura 2-3 Exigências funcionais de edifícios [1].....	5
Figura 3-1 Coberturas tradicionais inclinadas.....	8
Figura 3-2 Estrutura em madeira de uma cobertura inclinada.....	10
Figura 3-3 Cobertura inclinada com desvão habitável. [5]	11
Figura 3-4 Cobertura inclinada com desvão não habitável [5]	12
Figura 3-5 Isolamento acústico	16
Figura 3-6 Condensações em coberturas.....	19
Figura 4-1 Convento Santa Clara, Vila do Conde.....	22
Figura 4-2 Claustro de D. João III (Convento de Cristo em Tomar).....	23
Figura 4-3 Convento S. Francisco, Porto.	24
Figura 4-4 Hospital Santo António, Porto.	24
Figura 4-5 Coberturas de edifícios antigos.....	25
Figura 4-6 Exemplo de deterioração por acção do gelo-degelo	27
Figura 4-7 Deformação de madeira estrutural.....	28
Figura 4-8 Entupimento em sistema de drenagem pluvial	29
Figura 4-9 Argamassa excessiva [7].....	29
Figura 4-10 Acumulação de musgos ou detritos.....	30
Figura 4-11 Isolamento térmico ao nível do vão de cobertura [7]	37
Figura 4-12 Isolamento térmico nas vertentes na cobertura [7]	37
Figura 5-1 Centro de Saúde da Batalha, Porto. a) frente; b) poente.	47
Figura 5-2 Planta da cobertura (existente e proposto) [22]	48
Figura 5-3 Planta vão de cobertura (existente e proposto) [22].....	48
Figura 5-4 Alçados a)alçado poente; b) alçado norte; c)alçado nascente. [22]	49
Figura 5-5 Planta estrutural da cobertura (planta definida para reabilitação) [22]	50
Figura 5-6 Corte da cobertura [22].....	50
Figura 5-7 Corte da cobertura (Pormenor madre e HEA) [22]	50
Figura 5-8 Deformação da cobertura.....	51
Figura 5-9 Vegetação.....	52
Figura 5-10 Sistema de drenagem de águas pluviais	52
Figura 5-11 Estrutura metálica.....	53
Figura 5-12 Solução tradicional de uma cobertura inclinada. [20]	55
Figura 5-13 Solução para Lã Mineral Natural (Knauf Insulation) [21].....	56
Figura 5-14 Subtelha em coberturas inclinadas.....	57
Figura 5-155 Acessórios para telha Marselha	59
Figura 5-166 ONDUTHERM Painel Sandwich [19]	60
Figura 5-177 Solução para o sistema de cobertura.....	61

Índice de quadros

Quadro 4-1 Anomalias devido a acções naturais.....	32
Quadro 4-2 Tipos soluções para isolamentos [2] [12] [13]	39
Quadro 5-1 Subtelha em coberturas inclinadas.....	58
Quadro 5-2 Cargas máximas admissíveis e valores de U (W/m ² /°C) [19]	61

1. Introdução

1.1. Objectivos

A presente dissertação foi desenvolvida tendo como linha orientadora a conservação do património construído, de acordo com os princípios da sustentabilidade. Neste contexto, pode-se afirmar que a conservação do património edificado, em geral, e dos centros históricos, em particular, assenta, para além das questões técnico-funcionais em três vertentes: sustentabilidade ambiental, sustentabilidade económica e sustentabilidade social.

O caso específico em estudo reporta-se à reabilitação de coberturas de edifícios antigos, tendo como objectivo a conservação do património construído.

A cobertura de um edifício é provavelmente o elemento de maior importância da sua envolvente, uma vez que é o que mais se encontra exposto a acções provocadas pelo ambiente exterior, nomeadamente à acção da água. Nos primeiros edifícios, uma cobertura era entendida como um elemento simples mas fundamental na protecção do ser humano relativamente ao meio ambiente. A evolução dos tempos mudou as suas características sem alterar, no entanto, o seu conceito funcional. Em tempos pré-históricos uma cobertura era constituída por elementos locais encontrados na natureza que variavam de peles de animais a palha. Com a evolução dos tempos, evoluíram também as exigências dos seres humanos, traduzidas cada vez mais em materiais sofisticados e que dessem resposta às suas necessidades. Foi assim que se introduziu na constituição da cobertura o revestimento em telha cerâmica, tão característico dos edifícios antigos e que, em muitas construções, se mantém até aos dias de hoje.

1.2. Estrutura do trabalho

A regeneração de um centro histórico passa por manter o bom funcionamento dos edifícios antigos, mantendo a sua volumetria, a sua traça arquitectónica e as suas características estéticas, melhorando ainda se possível o seu desempenho funcional. Para manter o bom funcionamento dos edifícios antigos e acompanhar as exigências regulamentares actuais poderá ser necessário proceder a intervenções mais ou menos profundas, tais como a reparação ou substituição de revestimentos, ou a colocação de isolamentos térmicos e acústicos e de impermeabilizações, recorrendo-se à colocação de materiais económicos e ambientalmente sustentáveis. Tais intervenções devem, sempre ser asseguradas de forma a conseguir responder às principais exigências funcionais enquanto garantem a manutenção das características arquitectónicas dos edifícios.

É sabido que os edifícios antigos podem apresentar variadíssimas patologias, no essencial devidas à utilização e ao desgaste temporal a que se encontram expostos. Os seus elementos vão deixando de conseguir desempenhar cabalmente as funções para as quais foram seleccionados, podendo assim comprometer a sua segurança e o conforto interior. A reabilitação pretende eliminar ou mitigar estas patologias, de modo a que os edifícios voltem a exercer as funções para as quais foram projectados e construídos ou, alternativamente, para outras funções.

A presente dissertação tem a seguinte constituição:

- Capítulo 1: Capítulo correspondente à introdução, no qual se procede a uma breve apresentação e ao enquadramento do tema da dissertação.
- Capítulos 2 e 3: Estes capítulos tratam das exigências funcionais. No capítulo 2 procede-se à abordagem das exigências funcionais dos edifícios e da sua envolvente em termos gerais. No capítulo 3 abordam-se as exigências funcionais específicas das coberturas enquanto tema central da dissertação.

- Capítulo 4: Neste capítulo é feita a caracterização das patologias típicas observadas em coberturas de edifícios antigos, bem como as suas causas e soluções de reabilitação.
- Capítulo 5: Este capítulo reporta-se ao caso de estudo, para o qual foi realizada uma análise às patologias existentes ao nível da cobertura e propostas soluções para a sua reabilitação.

2. Envoltente de um edifício – Exigências funcionais

2.1. A evolução da sociedade e as exigências funcionais da habitação

As exigências funcionais dos edifícios foram variando consoante a necessidade da sociedade que no passado aceitava com naturalidade as dimensões reduzidas dos fogos bem como dos seus compartimentos. A sobreposição de funções num mesmo espaço, bem como o seu reduzido nível de conforto e privacidade, eram também considerados normais.

Os hábitos passados reflectiam-se na organização dos espaços habitacionais. Funções como a lavagem de roupa, habitualmente levada a cabo em lavadouros públicos ou rios próximos, (figura 2.1), a higiene pessoal e mesmo preparação de refeições (figura 2.2) não eram com muita frequência tidas em conta nessa mesma organização.



Figura 2-1 Lavadouro público

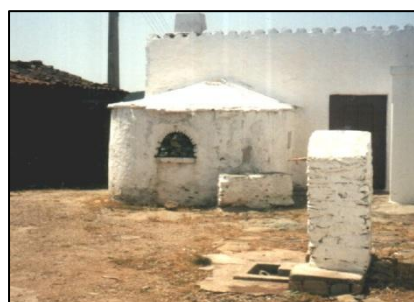


Figura 2-2 Forno público

Com o desenvolvimento da sociedade houve, em consequência, um desenvolvimento na forma de habitar, nomeadamente nos seguintes aspectos:

- Alterações na composição do agregado familiar, na relação entre os seus elementos e nas diferentes tarefas a estes atribuídas;
- Novos hábitos de privacidade individual;
- Alterações nas relações entre adultos e jovens;
- Mudança nos tempos de permanência nas habitações e novas funções que se exerceram no interior dos fogos;
- Nova tecnologia;
- Maior número e volume de objectos a guardar (sociedade consumista);

- Níveis de exigência mais elevados em relação à higiene e conforto ambiental.

Estas mudanças sociais levaram à exigência de habitações com outro tipo de características físicas, tais como casas de maiores dimensões, instalações sanitárias completas, espaços individuais e cozinhas com áreas mais elevadas. Não menos importante, tais alterações comportamentais reflectem-se também ao nível das exigências de conforto ambiental.

Olhando a estas questões, torna-se claro que, quando se pretende realizar uma intervenção de reabilitação, deve ser tida em conta a evolução dos conceitos relacionados com a forma e os hábitos de habitar.

2.2. Exigências funcionais de edifícios

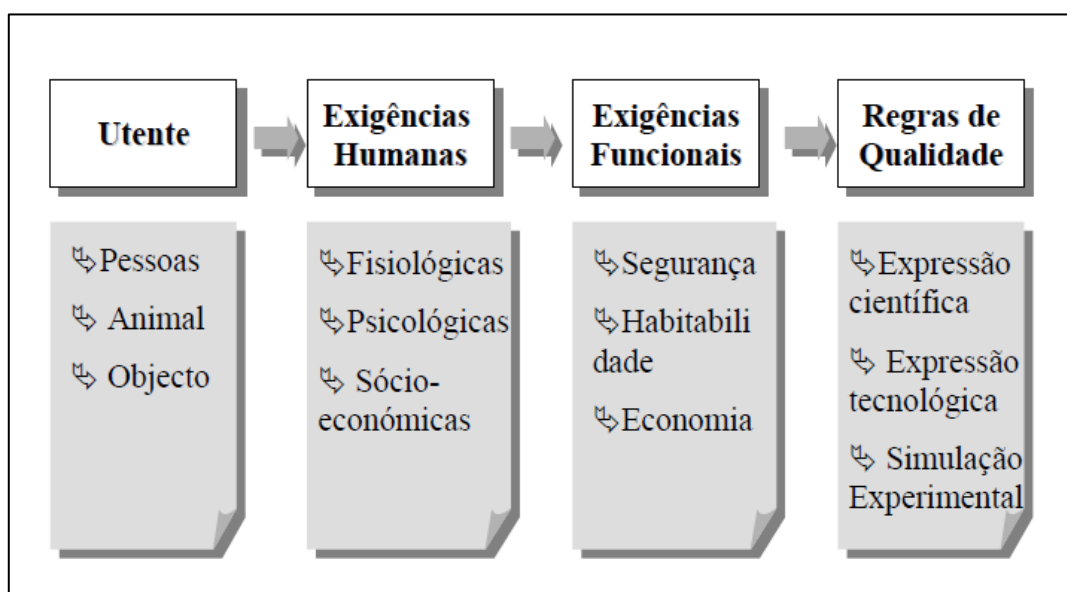


Figura 2-3 Exigências funcionais de edifícios [1]

Numa construção deve ter-se em conta necessidades humanas, funcionais e de qualidade (figura 2.3), embora o foco principal seja o das exigências funcionais - segurança, habitabilidade e economia. Nas exigências de segurança englobam-se a segurança estrutural, a segurança contra incêndios e a segurança na ocupação e uso. Nas exigências de habitabilidade enquadram-se todas as condições que contribuem para o conforto do utente, tais como condições higrotérmicas, acústicas, ou disponibilidade de espaço, entre outras.

As exigências de economia compreendem no seu essencial o custo de construção e o custo de utilização. Em jeito de conclusão, poder-se-á afirmar que o processo de definição das exigências, que culminará no estabelecimento de regras de qualidade, tem necessariamente de ter em conta a sua forte interdependência.

2.3. Exigências funcionais da envolvente

A envolvente dum edifício é o conjunto de elementos de construção desse edifício que separa o seu espaço interior do ambiente exterior, dos edifícios adjacentes, dos espaços não aquecidos e do solo. Tais elementos da envolvente compreendem as paredes, pavimentos, coberturas e vãos. Sendo os elementos constituintes da envolvente uns dos mais importantes de um edifício, existem – naturalmente – garantias de qualidade que deverão observar, tais como:

- Satisfação dos requisitos exigenciais para que são concebidos, em geral;
- Segurança, em relação às acções naturais e humanas;
- Conforto dos utentes;
- Durabilidade (redução da deterioração ao longo do ciclo de vida);
- Compatibilidade com os requisitos económicos;
- Agradabilidade estética.

No caso de intervenções de reabilitação na envolvente, há que ver adicionalmente garantidas as seguintes exigências [2]:

- Exigências de autenticidade

Estas exigências consistem, tal como o nome indica, na garantia de autenticidade no uso de materiais, na estética, na história do edificado, na tipologia da construção e tecnologia envolvida e, por fim, na preservação do carácter do lugar. Ou seja, é necessário respeitar e manter os materiais originais, preservar as ideias arquitectónicas, manter a integridade histórica,

preservar, sempre que possível, as tecnologias utilizadas e disponíveis nas diversas épocas e preservar as características do lugar, uma vez que um edifício não surge isolado e possui linhas características do lugar em que se insere.

- Exigências de durabilidade

As necessidades de durabilidade são mais severas em edifícios antigos pela simples razão de os tempos de vida esperados para estes edifícios serem mais elevados. Ou seja, pretende-se prolongar o tempo de vida de um edifício e devem-se manter e preservar o tipo de construção e os materiais. Para isso, recorrem-se a materiais e tecnologias testados e que apresentem garantias de durabilidade.

- Exigências de compatibilidade

Na fase de selecção dos materiais a usar devem-se ter em conta factores como a porosidade e a permeabilidade ao vapor de água, características mecânicas e de estabilidade físico-química, variações dimensionais de origem higrométrica e afinidade química. No uso de materiais novos é absolutamente necessário ter garantias de condições de compatibilidade e de durabilidade.

3. Exigências funcionais específicas de coberturas

À semelhança dos restantes elementos da envolvente, as coberturas deverão obedecer a um conjunto de requisitos funcionais que garantirão o seu adequado desempenho para as funções para as quais são concebidas. De seguida elencam-se tais requisitos, dando-se especial ênfase às questões relacionadas com as coberturas com revestimento de telhas cerâmicas. [3][4]

3.1. Soluções construtivas

As coberturas de edifícios antigos apresentam uma grande variedade de soluções no que se refere à geometria, forma estrutural, materiais estruturais, revestimentos e isolamentos (figura 3.1).



Figura 3-1 Coberturas tradicionais inclinadas

As soluções construtivas adoptadas nessas coberturas variam caso se trate de coberturas inclinadas, coberturas em terraço ou planas, e coberturas curvas (abóbadas e cúpulas).

A ausência de conhecimento científico e sustentado das características dos materiais, bem como do seu comportamento levou a que não houvesse grande alteração no processo construtivo adoptado ao longo dos séculos, baseado essencialmente no conhecimento empírico do mesmo.

Em coberturas inclinadas existe uma estrutura principal constituída pelas asnas, que de uma forma simplista podem ser descritas como armações de madeira trianguladas, compostas por peças de maior secção e resistência. Existe também uma estrutura secundária que é composta por madres, varas e ripas que têm como principal função suportar o travamento das linhas das asnas e distribuir as cargas em determinadas zonas, conferindo assim uma maior distribuição do peso suportado. A estrutura secundária tem também como função permitir o assentamento do revestimento da cobertura sendo de grande importância uma vez que o seu fraco desempenho pode levar à perda de estanquidade das coberturas. Neste tipo de coberturas os revestimentos mais utilizados são a telha cerâmica, lousa de ardósia e o colmo, entre outros. O material mais utilizado nas estruturas de suporte das coberturas de edifícios antigos foi a madeira, embora caísse tendencialmente em desuso devido ao facto de a madeira não apresentar um bom comportamento perante a humidade e da sua habitual presença neste tipo de estruturas.

A localização do edifício é um factor importante no sentido em que consoante a variação desta, também varia a altura e a inclinação das coberturas. Isto deve-se ao facto de haver diferenças de intensidades de precipitação e à possibilidade de existência de neve, ou seja, às características do clima local.

As coberturas em terraço tradicionais possuíam estruturas à base de pedra e tijolo, uma vez que a madeira é um material sensível à água e portanto não adequado a esta tipologia de cobertura. A estanquidade destas coberturas era obtida principalmente através da colocação de argamassas com características impermeabilizantes ou através de colocação de membranas impermeáveis em folha de chumbo e de zinco.

As coberturas curvas correspondem normalmente a construções específicas tais como igrejas em que se utilizam abóbadas e cúpulas. Neste caso também existe o problema de assegurar a estanquidade da cobertura embora a sua forma curva torne mais fácil o escoamento da água. [5]

Coberturas inclinadas

Na realização das primeiras coberturas inclinadas não havia garantias de estabilidade geométrica nem encaixes perfeitos nas telhas, assim implicando a existência de múltiplas ripas e varas (figura 3.2). Uma vez que as ripas e varas eram de madeira, havia grande probabilidade de absorção de água, o que implicava que no dimensionamento fosse tida em conta esta acção adicional. A falta de mão-de-obra especializada e a limitada existência de peças de grande secção em madeira levou a um maior emprego do ferro na realização de coberturas. Após isso surgiram as placas em fibrocimento ao mesmo tempo que evoluía o uso do betão que com o seu peso ajudava a contrariar a acção do vento. [6]

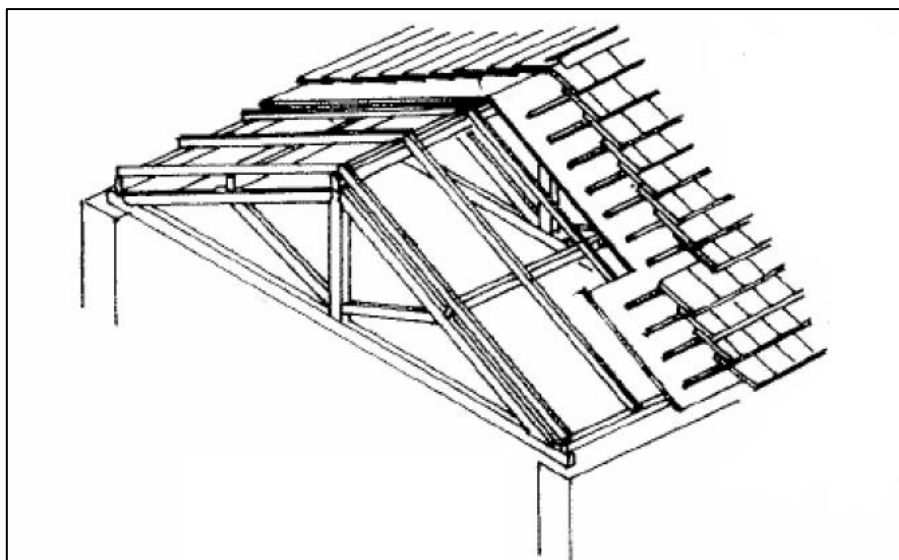


Figura 3-2 Estrutura em madeira de uma cobertura inclinada

Existem duas tipologias principais de coberturas com revestimento a telha cerâmica: o sistema tradicional em que a telha se sobrepõe à seguinte vedando apenas por via do efeito de “escama” e o sistema de telha com encaixes mecânicos. Para estas coberturas existem três tipologias de estruturas: estruturas em madeira, estruturas em betão e estruturas metálicas. Independentemente das tipologias referidas, um aspecto essencial a ter em conta aquando do equacionamento da reabilitação de coberturas é a utilização dada ao desvão. Um desvão habitável apresenta requisitos que um desvão não habitável certamente não exigirá. Tais requisitos colocam-se a vários níveis,

mas ganham particular relevância no que toca ao desempenho energético da cobertura e consequentemente na metodologia utilizada para o seu isolamento térmico.

Cobertura inclinada com desvão habitável

Uma cobertura com esta configuração tem o isolamento a acompanhar a inclinação do telhado para protecção térmica de todo o espaço que se encontra confinado, uma vez que todo ele é passível de ser utilizado (figura 3.3).



Figura 3-3 Cobertura inclinada com desvão habitável. [5]

Cobertura inclinada com desvão não habitável

Numa cobertura deste género o isolamento térmico deve ser colocado na face superior do tecto dos espaços habitados confinantes para permitir uma melhor ventilação do desvão e eliminar o consumo de energia adicional que seria necessário para tornar um espaço não utilizado confortável (figura 3.4).



Figura 3-4 Cobertura inclinada com desvão não habitável [5]

3.2. Protecção contra a água

Estanquidade à água

A estanquidade à água é umas das funções básicas de uma cobertura, pese embora a frequência com que se registam infiltrações. As causas são variadas, indo desde remates de cumeeira inadequados até remates e inclinações de beirados mal executados, passando por encaixes de telhas deficientes e por falta de manutenção das caleiras.

No caso das coberturas inclinadas, a estanquidade é obtida através da inclinação do seu recobrimento por elementos descontínuos, usualmente as telhas. Assim sendo, se a chuva for a única acção exercida sobre o telhado, a água que aí cai será escoada através da inclinação da cobertura até aos dispositivos de evacuação de águas pluviais. Tal torna-se complicado quando existe acção conjunta de chuva e do vento visto que o último pode provocar alterações na direcção da chuva tais como movimentos ascendentes.

Assim, para que o requisito estanquidade à água seja atingido é necessário ter em conta dois aspectos:

- Desempenho das telhas cerâmicas (impermeabilidade do material);
- Funcionamento global do telhado (impermeabilidade da cobertura).

Para determinar a impermeabilidade das telhas cerâmicas propriamente ditas utiliza-se a *EN 539-1 – Telhas cerâmicas para colocação descontínua*:

determinação das características físicas – Parte 1: Ensaio de impermeabilidade. As exigências a cumprir pelos sistemas de revestimento de coberturas em telhas cerâmica são fixadas na *EN 1304 – Telhas cerâmicas e acessórios: definições e especificações dos produtos*. Para efeitos de quantificação da estanquidade à água, e de acordo com as referidas normas, são utilizados dois parâmetros: o factor de impermeabilidade e o coeficiente de impermeabilidade.

Na determinação da inclinação da cobertura são simulados os factores climáticos que se exercem na cobertura tais como:

- Quantidade variável de água (por aspersão ou queda livre);
- Velocidade do vento incidente constante (impulsionando a água aspergida e travando o escoamento da mesma;
- Acção de vários diferenciais de pressões estáticas verificadas entre as partes superior e inferior da cobertura experimental, criados por ventilação reversível da parte inferior.

Comportamento ao gelo-degelo

Um elemento considera-se resistente ao gelo quando é capaz de suportar um determinado número de ciclos de gelo/degelo em condições controladas. Quando a água passa do estado líquido para o estado sólido sofre um aumento de volume. Este aumento de volume cria fissuras que levam o elemento a fissurar-se.

Em determinadas condições atmosféricas a cobertura encontra-se bastante exposta a fenómenos constantes de fadiga devido aos consecutivos ciclos de gelo-degelo das águas pluviais absorvidas, principalmente quando se registam amplitudes térmicas bruscas em curtos espaços de tempo.

Assim, o quanto uma telha será afectada pelo gelo, dependerá de factores climáticos naturais como o número de ciclos de gelo-degelo da zona onde se encontre a cobertura, da intensidade das geadas sofridas, da velocidade de congelação e da humidade ou chuva que tenham recebido as telhas, de

factores intrínsecos ao produto, especialmente a sua porosidade ou capacidade de albergar água nos seus poros.

Deste modo, os materiais devem satisfazer requisitos essenciais quando aplicados em regiões propícias a estas ocorrências. Neste caso, uma telha deve ter o mais baixo nível de porosidade possível. Será de notar que o método de ensaio que avalia a conformidade dos materiais aplicados varia consoante o país.

3.3. Protecção contra incêndio

No que diz respeito á protecção contra incêndios, a reabilitação dispõe-se de forma distinta no que toca a edifícios antigos. Neste ponto os edifícios antigos colocam-se muito aquém do nível mínimo de segurança contra incêndios. A preservação de áreas urbanas implica uma actuação do nível da segurança ao incêndio, visto que este é um dos principais perigos ameaçadores de zonas urbanas antigas. Pretende-se atingir dois objectivos: intervir para prevenir o risco de incêndio de forma a não ter perdas irremediáveis de bens patrimoniais, manter a imagem do tecido urbano existente.

As zonas urbanas têm insuficiências nas infra-estruturas tais como arruamentos reduzidos ao nível de largura e de curvatura e estacionamento indevido, que levam por vezes a grandes dificuldades de actuação dos meios de intervenção. A disponibilidade de água que se verifica nesses edifícios, ou até mesmo a inexistência dela, é um factor que condiciona muitas vezes o combate a incêndios. Outros riscos associados a edifícios antigos são a facilidade de propagação a edifícios fronteiriços e meios de comunicação escassa.

Os materiais utilizados na envolvente também têm importância no que se refere à protecção ao incêndio. Os materiais utilizados nas coberturas condicionam o desempenho ao fogo. A escassa limpeza e a utilização de materiais combustíveis torna a cobertura um meio de transmissão do fogo.

Os materiais de construção são classificados segundo a maior ou menor facilidade que estes se deixam consumir pelo fogo, ou seja, capacidade de reacção ao fogo.

A regulamentação em vigor em relação à protecção contra incêndios é o Decreto-lei 220/08 e a Portaria nº 1532/08. As medidas nelas presentes são de natureza prescritiva.

Segundo o sistema europeu existem as seguintes classes de reacção ao fogo para produtos de construção:

- Classe A1 – Nenhuma contribuição para o fogo;
- Classe A2 – Pouca contribuição para o fogo (quase nula);
- Classe B – Contribuição para o fogo muito limitada;
- Classe C – Contribuição para o fogo limitada;
- Classe D – Contribuição para o fogo aceitável;
- Classe E – Reacção ao fogo aceitável;
- Classe F – Comportamento não determinado.

As classes mencionadas resultam de uma harmonização normativa devido à grande variedade de critérios existentes nos países da União Europeia.

O DL 220 de 2008 contém as seguintes classes de resistência ao fogo:

- R – Capacidade de suporte de carga;
- E – Estanquidade à chama e gases quentes;
- I – Isolamento térmico;
- W - Radiação;
- M – Acção Mecânica;
- C – Fecho automático;
- S – Passagem de fumo;
- P ou PH – Continuidade de fornecimento de energia eléctrica e/ou sinal;
- G - Resistência ao fogo;
- K – Capacidade de protecção contra o fogo;
- Intervalos de tempo: 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240 e 360.

3.4. Protecção acústica

Isolamento sonoro

O conforto do ser humano passa também pelo controlo do ruído. O ruído torna-se hoje em dia um problema ambiental podendo ter graves consequências ao nível da saúde humana. Com o desenvolvimento da sociedade, o ruído também evoluiu no sentido negativo, ou seja, tornou-se mais problemático.

Neste sentido, tornou-se necessário evoluir as características das envolventes, no sentido de promover a sua protecção relativamente ao ruído, assumindo assim grande importância a reabilitação acústica em edifícios antigos.

A reabilitação acústica, aliás à semelhança de outras especialidades, deve ser sempre precedida de uma avaliação da situação, ou seja, do levantamento dos espaços, dos materiais e soluções construtivas empregues.

A concepção dum isolamento acústico pressupõe a existência de dois espaços: o espaço no qual se localiza a fonte sonora e o espaço receptor onde se pretende ver minimizado o ruído vindo dessa fonte. Isolamento sonoro é a capacidade de certos materiais formarem uma barreira, impedindo que a onda sonora (ou ruído) passe de um compartimento para o outro, ou do exterior para interior (figura 3.5).



Figura 3-5 Isolamento acústico

O desempenho acústico dos edifícios deve ser analisado ao nível dos sons aéreos, sons de percussão e sons produzidos pelos equipamentos. [14]

Olhando especificamente para as coberturas, constata-se que o seu comportamento acústico se torna particularmente relevante no caso de coberturas inclinadas com desvão habitável. No essencial, o comportamento acústico das coberturas é caracterizado pelo isolamento sonoro aos sons aéreos.

O isolamento aos sons aéreos traduz-se na minimização da energia das ondas sonoras que atravessam um elemento. Assim sendo, o isolamento é caracterizado pelo parâmetro “Redução Sonora”, R_w medido em decibel (dB).

No que respeita ao isolamento a sons aéreos a legislação portuguesa define o descriptor $D_{n,w}$ (dB), isolamento sonoro normalizado, que consiste numa diferença normalizada e ponderada de níveis sonoros e que se relaciona com R'_w , índice de redução sonora aparente, através da seguinte equação, onde A_0 é a área de absorção sonora de referência e S_s é área do elemento de separação:

$$D_{n,w} = R'_w + 10 \log \left(\frac{A_0}{S_s} \right) \quad (\text{dB}) \quad (3.1)$$

Na regulamentação portuguesa sobre ruído, há que ter em conta o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE), aprovado pelo Decreto-Lei 129/2002 de 11 de Maio (que se aplica a edifícios: habitacionais e mistos, comerciais, industriais e/ou de serviços, escolares e de investigação, hospitalares, desportivos e estações de transporte de passageiros) e o Decreto-Lei 96/2008 de 9 de Junho, que veio actualizar os parâmetros de desempenho acústico dos edifícios e os indicadores do ruído de equipamentos e instalações (que se aplica tanto a edifícios novos como a edifícios já existentes que venham a ser alvo de projectos de reabilitação). [16]

3.5. Protecção térmica, ventilação e eficiência energética

Comportamento térmico

As coberturas têm um papel fundamental no comportamento térmico, quer no sentido de conservação da energia, quer sob o ponto de vista de conforto. Uma cobertura pode atingir, durante o dia, temperaturas elevadas devido à exposição directa à radiação solar, enquanto, durante a noite ou mesmo na totalidade do dia em estação fria, está sujeita à ocorrência de elevadas perdas de calor por condução.

Um dos elementos fundamentais para o adequado desempenho das coberturas é mesmo o isolamento térmico. O isolamento tem evoluído no sentido de proporcionar cada vez maior conforto térmico. Nos edifícios antigos não se dava tanto valor a este aspecto por não haver uma vasta gama de soluções nem tanta preocupação no sentido do conforto. Com o tempo foi possível verificar que a cobertura era a zona mais exposta do edifício. No verão as coberturas estão fortemente expostas ao efeito da radiação solar, o que provoca um aumento da temperatura superficial dos elementos de revestimentos (telhas) face à temperatura do ar. Um isolamento térmico adequado e correctamente aplicado diminui fortemente o fluxo de calor, o que implica uma enorme diminuição dos ganhos solares e um aumento muito significativo do conforto térmico. No Inverno, também é extremamente favorável o isolamento das coberturas, uma vez que as temperaturas no exterior da habitação nesta estação são muito inferiores às do interior. Assim, se não se travar o fluxo de calor com sentido ascendente, a temperatura no interior das habitações tende para uma temperatura próxima da temperatura exterior. Com a aplicação do isolamento térmico, o fluxo de calor para o exterior é controlado, conseguindo-se um maior conforto térmico e uma limitação do consumo de energia.

A aplicação de isolamento térmico deverá sempre ter em conta as pontes térmicas. As pontes térmicas são singularidades da envolvente onde se verificam piores performances em termos de resistência térmica e provocam

não só aumentos do consumo energético, como também patologias associadas a condensações superficiais.

- “O fenómeno de ponte térmica ocorre quando existe uma descontinuidade na geometria da estrutura e sempre que o isolamento é interrompido por materiais com um coeficiente de transmissão térmica mais elevado. O isolamento térmico só é completamente eficiente se cobrir totalmente a superfície a ser isolada.” [7]

Susceptibilidade de condensações

O aparecimento de condensações nas coberturas de telhas pode provocar humificação e degradação dos materiais e o aparecimento de manchas de humidade ou até mesmo queda de gotas de águas. Em situações limite, as condensações, associadas ou não a intrusões de humidade, poderão afectar a segurança da estrutura da cobertura, particularmente no caso desta ser construída em madeira.

As soluções construtivas das coberturas e seus materiais constituintes, bem como as condições climáticas interiores e exteriores (temperatura, humidade e movimento do ar) são a causa a que normalmente se encontra associado o aparecimento de condensações (figura 3.6).

Em regra, para evitar as condensações superficiais interiores há que dimensionar convenientemente a resistência térmica das coberturas e controlar a humidade interior, o que é conseguido à custa dum isolamento térmico e duma ventilação do ar interior adequados.

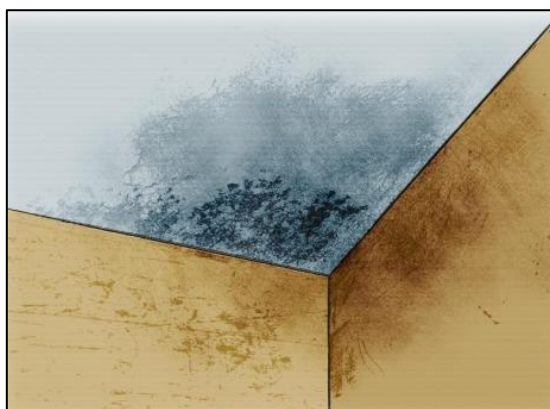


Figura 3-6 Condensações em coberturas

Permeabilidade ao ar

A limitação da permeabilidade ao ar tem como objectivo evitar um desperdício de energia excessivo e correntes de ar desagradáveis nas zonas habitáveis. Depende da diferença de pressão entre o ar exterior e o ar interior e das características de estanquidade do próprio sistema de cobertura. Deve ser referido que uma limitação excessiva da permeabilidade ao ar do desvão das coberturas é igualmente desaconselhável (a ventilação é essencial para o abaixamento da humidade interior), salvo nos casos em que seja assegurada ventilação mecânica.

3.6. Outras exigências

Comportamento sob a acção do vento

A acção exercida pelo vento sobre as coberturas inclinadas depende das condições previsíveis dos ventos em cada região, da geometria das coberturas e da implantação dos edifícios. [16]

Em alturas de tempestades, há que acautelar o levantamento dos elementos das cumeeiras e dos remates de telhado. Os elementos mais expostos à acção do vento são as telhas. Caso não possuam a inclinação adequada, poderão aí ocorrer deslocamentos e ser permitida a entrada de agentes, como a água, que prejudicam o funcionamento de outros elementos.

Estanquidade aos materiais em suspensão no ar

Os regimes de pressões e depressões que se desenvolvem em coberturas inclinadas, condicionam as infiltrações de neve ou poeiras sob as coberturas. Por esse motivo, deve ficar estabelecida uma pressão limite de estanquidade.

Exigências geométricas e de estabilidade dimensional

No caso particular das telhas, na sua geometria deverão ser observados valores limite de coeficientes de planaridade, de rectilinearidade e de homogeneidade dos perfis transversais. No caso da estabilidade dimensional, estão previstos valores percentuais limites para os desvios do comprimento e largura das telhas.

Pequenos empenos e diferenças de tonalidade nas telhas não se consideram como anomalias mas sim como consequência do seu processo de produção. Caso haja empeno e este seja reduzido de modo a que não permita infiltrações as peças podem ser mantidas, tornando-se mesmo uma vantagem no que toca à ventilação. Se o empeno for bastante acentuado, a solução passa por uma substituição do elemento para que não dê origem a infiltrações.

[17]

Uniformidade do aspecto

A alteração do aspecto não é necessariamente um inconveniente mas sim uma questão de estética, visto que esta alteração resulta do envelhecimento dos materiais.

Na reabilitação é possível obter o aspecto de envelhecimento das telhas originais através de processos de fabrico e tratamentos adequados.

Resistência aos agentes químicos

Como referido anteriormente, a cobertura é o elemento mais exposto às condições climáticas tais como chuva. As chuvas ácidas podem provocar desgaste das telhas, corroendo-as. Assim as telhas devem apresentar bom comportamento quando submetidas a acções químicas tais como as chuvas ácidas ou agentes químicos de outra natureza.

4. Reabilitação

A conservação e restauro de edifícios antigos é uma área exigente no que toca aos conhecimentos exigidos, ou seja, obriga a um conhecimento abrangente sobre tudo o que envolve construção actual e antiga, exigindo a perfeita compreensão dos materiais e técnicas utilizados na antiga. Como agravante, tais materiais e técnicas foram então utilizados numa lógica maioritariamente empírica, que se muitas vezes conduziu a resultados francamente bons, não obedeceu em geral a normas ou regulamentos específicos, tão habituais na construção dos dias de hoje (figura 4.1).



Figura 4-1 Convento Santa Clara, Vila do Conde

A reabilitação é um tema abordado desde há séculos, mais particularmente desde a época do Renascimento. O Renascimento foi um movimento que deu origem, entre outras, a grandes obras de arquitectura e engenharia. Com vista à preservação destas grandes obras, a reabilitação foi desde cedo uma preocupação maior dos artistas, criadores de magníficas obras de arte. Essa preocupação alastrou-se de tal modo que começaram por surgir desde Cartas a Decretos-Lei. Houve a necessidade desde cedo de identificar e classificar o património edificado.

Num processo de reabilitação deve ser tida em conta a classificação de edifícios segundo um conjunto de critérios. [9]:

- *Critério histórico – cultural*

Bens que apresentem um importante significado histórico (figura 4.2) e que represente um símbolo para o país e/ou para as populações. Bens que façam parte de algum movimento, tendência ou corrente arquitectónica.



Figura 4-2 Claustro de D. João III (Convento de Cristo em Tomar)

- *Critério estético – social*

Aplica-se a bens que se destaquem pelas suas qualidades estéticas e que se destaquem pela sua relação com o meio envolvente. Que sejam representativos de coexistência ou sobreposição de diferentes crenças ou tradições naqueles espaços (figura 4.3), ao longo de diferentes tempos.



Figura 4-3 Convento S. Francisco, Porto.

- *Critério técnico – científico*

Bens patrimoniais que se destaquem pelas concepções arquitectónicas e urbanísticas, individual ou conjuntamente consideradas, pelas técnicas e materiais construtivos, independentemente de se tratar de monumentos ou conjuntos “eruditos” ou “populares” e de se encontrarem em áreas urbanas ou zonas rurais (figura 4.4).



Figura 4-4 Hospital Santo António, Porto.

4.1. Patologia em coberturas

Uma patologia é o conjunto de anomalias que existem num determinado edifício. Uma anomalia é um erro ou defeito de um elemento cuja causa pode se dever a vários factores cuja identificação não é um processo fácil. As coberturas de edifícios antigos (figura 4.5) são talvez o elemento de construção que apresenta um quadro mais generalizado de anomalias. Muitos dos problemas detectados em coberturas são de origem remota, tendo deficiências de projecto e execução devido à inexistência de conhecimentos relativos a uma boa construção. Sendo a cobertura o elemento exposto continuamente às acções do meio ambiente, a existência de anomalias torna-se evidente e tem consequências graves. De todas estas consequências, as mais nefastas são provavelmente as relacionadas com a acção da humidade, que em última instância podem levar mesmo à ruína da cobertura. Hoje em dia raramente se encontra um edifício com mais de 100 anos que ainda possua a cobertura original devido às variadas intervenções que foram efectuadas ao longo dos tempos.



Figura 4-5 Coberturas de edifícios antigos

Anomalias em coberturas

As anomalias que podem afectar as coberturas ocorrem de várias formas, que se relacionam com as partes dos edifícios e os elementos funcionais atingidos e as respectivas funções afectadas, a natureza dos materiais e as técnicas de construção utilizados, a origem, as causas e os períodos de ocorrência das anomalias.

Anomalias devidas à acção da humidade

Dada a localização das coberturas nos edifícios, algumas das formas de manifestação da humidade assumem nelas nula ou reduzida relevância. Como causas da humidade devida a causas fortuitas, podem referir-se a quebra, por vandalismo ou mau uso, de chapas e telhas de coberturas e o desenvolvimento de plantas de pequeno e médio porte sobre os telhados, afectando os materiais e impedindo a normal evacuação da água das chuvas.

As formas de humidade mais prejudiciais numa cobertura são a humidade de precipitação e a humidade de condensação. A humidade de condensação superficial afecta, em geral em condições de Inverno, as zonas de cobertura com menor isolamento térmico (pontes térmicas), mas pode ocorrer em toda a cobertura quando esta se encontra mal isolada termicamente ou quando confina espaços de elevada produção de vapor de água.

As anomalias devidas à humidade de precipitação merecem grande destaque, uma vez que as coberturas se encontram totalmente expostas às precipitações (chuva e neve), sendo assim muito vulneráveis a infiltrações de água para o interior dos edifícios.

Em edifícios antigos a deformação excessiva dos elementos de madeira da estrutura é responsável, em boa parte, pela perda de estanquidade das mesmas. Por outro lado, com as infiltrações progridem os fenómenos de degradação da madeira, agravando a situação. Um caso típico ocorre quando os apoios de asnas de madeira se degradam por acção da humidade, pondo assim em risco a segurança estrutural da cobertura. [2]

Deterioração por acção do gelo

A absorção de alguma água por parte das telhas, associada à existência de temperaturas negativas, poderá permitir a formação de gelo no interior do elemento cerâmico. Este fenómeno, se associado a uma fraca ventilação da cobertura, não permitindo assim trocas de calor e humidade com o exterior, poderá provocar variações de volume e consequente fragmentação das telhas (figura 4.6). [8]



Figura 4-6 Exemplo de deterioração por acção do gelo-degelo

Desajustamento face a exigências de segurança não-estrutural, conforto e eficiência energética

Anomalias deste tipo dizem respeito a casos em que a cobertura se revele inadequada para satisfazer certas exigências de segurança não-estrutural, de conforto e de eficiência energética.

Em relação a exigências de segurança não-estrutural podem ocorrer desajustamentos perante exigências de segurança ao incêndio, contra acções de choque accidental e contra a intrusão. Relativamente a exigência de conforto e eficiência energética, a inexistência ou a insuficiente existência de isolamento térmico e/ou uma deficiente ventilação de desvão de coberturas, prejudica as condições de conforto nos edifícios (originando baixas temperaturas de inverno e sobreaquecimento no verão), podendo propiciar a ocorrência de condensações nos desvãos. [2]

Anomalias recorrentes

As anomalias mais recorrentes em coberturas inclinadas estão em regra relacionadas com as estruturas de madeira, e são o apodrecimento, o ataque dos elementos por fungos e insectos, ou ainda o desenvolvimento a longo prazo de deformações excessivas. Estas anomalias são principalmente motivadas pela água da chuva. As infiltrações podem ocorrer essencialmente de três formas: ou através de deficiências na estrutura de suporte, ou através de disfunções na rede de drenagem das águas pluviais, ou ainda através de anomalias no revestimento.

A primeira hipótese consiste na deformação excessiva da madeira estrutural uma vez que a relação entre humidade e madeira é de longa data conhecida como favorecendo a deformação de estes elementos (figura 4.7). Pode no entanto dar-se o caso de também ocorrer uma deformação natural devido às características deste material, não se descartando igualmente a hipótese de um mau dimensionamento. Esta situação permite a penetração de água da chuva levando a uma maior deformação dos elementos e provocando perda de secção ou degradação da resistência.



Figura 4-7 Deformação de madeira estrutural

A segunda hipótese tem como principais motivos o mau dimensionamento, descuido ou até mesmo ausência de manutenção do sistema de drenagem de águas pluviais, dando assim origem a entupimentos (figura 4.8) ao longo dos componentes da rede, tais como caleiras algerozes ou remates com elementos emergentes (como edifícios confinantes ou platibandas). Esta situação leva por vezes à falta de alguns elementos devido a desprendimentos/quedas ou mesmo à necessidade de os retirar por motivo de apodrecimento.



Figura 4-8 Entupimento em sistema de drenagem pluvial

A terceira e última hipótese refere-se a infiltrações que resultam das deficiências do material de revestimento e que podem ter várias origens desde telhas quebradas ou deslocadas, até ao aumento do peso da cobertura (figura 4.9) ou à acumulação de musgos e detritos (figura 4.10).



Figura 4-9 Argamassa excessiva [7]



Figura 4-10 Acumulação de musgos ou detritos

As águas da chuva provocam uma situação de deficiências na estanquidade no revestimento exterior. A penetração ocorre principalmente em zonas singulares que propiciam esse acontecimento, devido a deformações de elementos, maus dimensionamentos, execução inadequada ou falta de ventilação do interior.

Também os materiais de revestimento das coberturas se degradam principalmente devido à humidade. De seguida mencionam-se as principais degradações dos materiais de revestimento das coberturas sob acção da humidade [2]:

- Esfoliação, desagregação e formação de eflorescências;
- Desenvolvimento de vegetação;
- Amolecimento, com perda de resistência mecânica, do material de revestimento.

Causas das anomalias

A tipificação da causa das anomalias em edifícios habitacionais torna-se bastante complexa sendo por vezes difícil de obter resultados únicos e coerentes. Esta dificuldade deve-se às diferentes épocas de construção, à diversidade de elementos e materiais que constituem um edifício, à complexidade do meio ambiente que envolve o edifício e à forte influência da componente humana, por acção ou inacção, nas várias fases do processo de degradação.

Na sua maioria, as anomalias decorrem da conjugação de vários factores adversos, conjugação essa que pode provocar ou acentuar o processo de degradação.

O estabelecimento de um diagnóstico correcto é fundamental para conseguir a resolução da anomalia, que envolve normalmente a eliminação da causa ou causas da mesma. Uma vez que é uma tarefa complexa, a experiência profissional torna-se uma qualidade imprescindível na resolução de situações de patologia em edifícios.

A grande maioria das anomalias tem origem na presença de água e na humificação dos materiais e tem como consequência a modificação das propriedades físicas dos materiais, a afectação das condições de habitualidade e durabilidade, alterações prejudiciais do aspecto, degradações irreversíveis que inviabilizam a recuperação e tornam inevitável a sua substituição por vezes integral com o consequente agravamento dos custos de reparação. De entre as consequências, podem-se salientar as seguintes:

- Acção da humidade sobre revestimentos
- Oxidação
- Surgimento de esfoliações
- Desagregação e formação de eflorescências
- Desenvolvimento de vegetação parasita e amolecimento
- Perda de resistência mecânica

A humidade pode manifestar-se de várias formas numa cobertura:

- Humidade da construção
- Humidade de precipitação
- Humidade de condensação
- Devida à higroscopicidade dos materiais

Causas de anomalias não humanas ou imprevisíveis

As anomalias não humanas ou imprevisíveis e as suas causas podem ser classificadas do seguinte modo:

- Ações naturais, tal como tipificadas no quadro 4.1

Quadro 4-1 Anomalias devido a acções naturais

Físicas	Químicas	Biológicas
<ul style="list-style-type: none">- Acção da gravidade-Variações de temperatura e humidade relativa-Temperaturas extremas-Vento (pressão, abrasão, vibração)- Presença de água (chuva, neve, humidade do solo)- Radiação solar- Efeitos diferidos (retracção, fluência e relaxação)- Alteração das condições do solo e abaixamento do nível freático	<ul style="list-style-type: none">- Oxidação- Carbonatação- Presença de sais- Chuva ácida-Reacções electroquímicas-Radiação solar (acção dos raios ultra-violetas)	<ul style="list-style-type: none">-Vegetais (raízes, trepadeiras, líquenes, algas, etc.)- Insectos- Bolores e fungos

- Desastres naturais
 - Sismo, tsunami
 - Ciclone, tornado
 - Tempestade marítima, tromba de água, cheia
 - Avalanche, deslizamento de terras
 - Erupção vulcânica
 - Trovoada
 - Grande incêndio
- Desastres devido a causas humanas imprevisíveis
 - Fogo
 - Explosão
 - Choque
 - Inundação

4.2. Reabilitação de coberturas

Manter um edifício antigo em uso é, sem dúvida, a melhor forma de o preservar. A manutenção da sua utilização inicial ou a minimização das alterações aí introduzidas deve ser um factor preferencial a ter em consideração aquando da reabilitação. Por vezes esta tarefa torna-se difícil e procede-se à atribuição de uma nova utilização por forma a conseguir levar a cabo a operação de reabilitação e a desejada preservação do edifício.

Antes de qualquer procedimento de reabilitação é necessário proceder à realização de inventários e de inspecções iniciais para uma melhor avaliação do estado do edifício e das causas das anomalias existentes.

Para um melhor resultado atribuem-se níveis à reabilitação. Poderão ser considerados quatro níveis de reabilitação [10]:

- Reabilitação ligeira

Este nível de reabilitação compreende basicamente pequenas reparações das instalações e equipamentos.

- Reabilitação média

Neste nível começa-se a intervir mais a fundo no edificado tal como reparação/substituição da caixilharia, reforço de alguns elementos estruturais, reparação de revestimentos, etc. Trata-se de um nível de reparação mais aprofundado que já envolve mais preocupações com segurança e estética.

- Reabilitação profunda

Além dos trabalhos mencionados anteriormente, esta reabilitação já pode envolver alterações na geometria interior do edifício, tais como alteração da distribuição, organização e alterações dos espaços, criação de instalações sanitárias, reorganização funcional de cozinhas, etc.

- Reabilitação excepcional

Compreende uma operação de natureza absolutamente notável, com um grau de desenvolvimento bastante profundo, que em alguns casos exige total reconstrução do edifício.

Numa cobertura a situação passa, quase sem excepção por uma reabilitação profunda. Quando a segurança estrutural não se encontra assegurada, a intervenção poderá obrigar a uma reabilitação excepcional, ou seja, à total reconstrução.

Como foi anteriormente mencionado, uma cobertura está demasiado exposta às adversidades existentes no meio ambiente. Um edifício muito antigo não sujeito a obras de manutenção certamente terá uma cobertura em estado de quase colapso.

Nestas circunstâncias, e sendo a humidade o seu maior motivo de degradação, é impossível reabilitar uma cobertura sem a total substituição de todos os elementos desde isolamentos a revestimentos, sendo por vezes necessária a substituição da estrutura.

Tipificação das soluções de intervenção

Quando se pretende intervir correctivamente em elementos não-estruturais existem soluções bastante diversificadas. Não se pode afirmar que uma única anomalia em determinado elemento possua somente uma solução. Existe assim a possibilidade de tipificar as soluções que pretendem corrigir ou remediar as situações de patologia em seis grupos [2]:

Eliminação das anomalias

Estas soluções exigem, para um eficaz resultado, a adopção de medidas correctivas dirigidas às respectivas causas, desde a sua eliminação até ao impedimento de propagação das mesmas.

Substituição dos elementos e dos materiais afectados

Opta-se por esta solução quando um material se encontra com deficiências graves que obriga a uma substituição total ou parcial do material. Esta solução necessita de ser acompanhada de uma actuação sobre a causa da anomalia de forma a evitar novamente a degradação do material substituinte.

Ocultação das anomalias

Este tipo de solução tem como objectivo manutenção da estética, ou seja, actua somente sobre as consequências (no seu aspecto) sem eliminar as causas nem as manifestações das anomalias.

Protecção contra os agentes agressivos

Tem como objectivo a protecção contra agentes causadores de anomalias. Pode-se atingir este objectivo através de interposição de uma barreira, criação de zona-tampão entre fonte da anomalia e os elementos que se pretende proteger, reforçando as próprias condições de protecção já oferecidas por tais elementos. Normalmente, este tipo de soluções aplicam-se a trabalhos de manutenção, tendo algumas que passar para o campo da reabilitação em face da gravidade das patologias.

Reforço das características funcionais dos elementos da construção

O reforço das características funcionais dos elementos da construção tem como objectivo corrigir os desajustamentos desses elementos em relação às exigências funcionais de segurança, de conforto e de eficiência energética.

Melhoria de condições térmicas

As coberturas inclinadas têm por base a satisfação de alguns requisitos funcionais, de entre os quais interessa destacar as acções de melhoria de condições higrotérmicas ou seja, anomalias associadas à humidade e à insuficiência de isolamento térmico. Tal como nas fachadas, as coberturas devem possuir isolamento térmico de forma a reduzir perdas térmicas, no Inverno e ganhos de calor no Verão, assim garantindo bons níveis de conforto no interior e de eficiência energética.

A escolha do tipo de isolamento depende do desvão da cobertura. É necessário ter em atenção as condições mínimas de ventilação por forma a evitar condensações na estação de aquecimento.

Uma solução simples para uma correcta ventilação do local consiste na colocação de telhas de ventilação dispostas em vertentes opostas de modo a estimular a criação de correntes de escoamento do ar. Esta solução é particularmente eficaz no caso dos desvãos não úteis.

Na escolha do isolamento devem-se ter em conta os seguintes aspectos:

- Desempenho face às solicitações a que é frequentemente submetido;
- Qualidade do suporte;
- Características do isolamento;
- Exposição à acção do vento e da chuva;
- Higrometria dos espaços;
- Risco de condensações internas e superficiais.

De um modo geral, o isolamento de uma cobertura inclinada pode ocorrer de duas formas distintas, dependendo do tipo de ocupação do vão: isolamento ao nível do vão horizontal (figura 4.11) ou nas vertentes da cobertura (figura 4.12). [11]

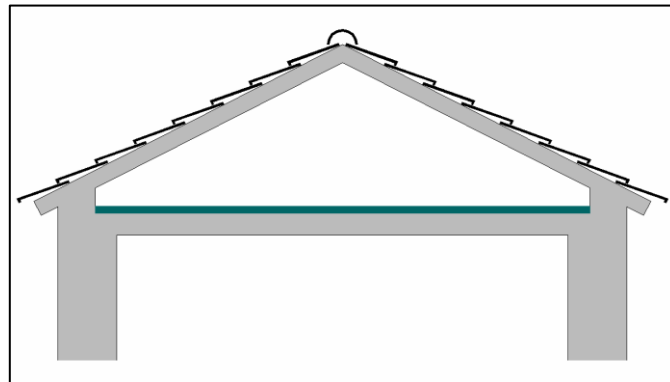


Figura 4-11 Isolamento térmico ao nível do vão de cobertura [7]

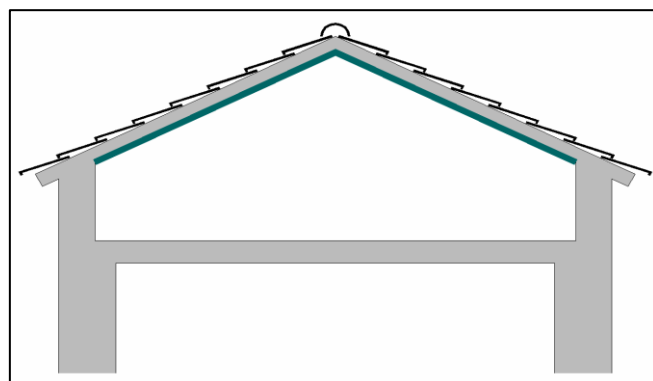


Figura 4-12 Isolamento térmico nas vertentes na cobertura [7]

O isolante térmico tem a capacidade de garantir um aumento da resistência térmica da envolvente opaca exterior, e consequentemente uma

diminuição das trocas de calor através dos seus elementos. É por definição um material de condutibilidade térmica igual ou inferior a $0,065 \text{ W/(m.}^\circ\text{C)}$, cuja resistência térmica é igual ou superior a $0,50 \text{ (m}^2\text{.}^\circ\text{C)/W}$. [11]

O isolamento térmico ao nível do vão de cobertura é uma opção construtiva que reporta a situações de desvãos não úteis, isto é, em que o espaço da cobertura não se destina ao uso permanente de pessoas ou ao armazenamento de materiais e equipamentos com exigências ao nível de condições higrotérmicas. Esta é a solução mais satisfatória do ponto de vista térmico e económico uma vez que permite uma boa ventilação da cobertura e é a solução mais económica em relação à colocação de isolamento nas vertentes.

A colocação de isolamento nas vertentes implica maior volume de isolamento e um maior espaço a isolar, ou seja maior área a proteger. O isolamento na vertente é uma solução aplicável a desvãos habitáveis, isto é, quando há ocupação do espaço do vão de cobertura.

Nesta solução é necessário assegurar formas eficazes de ventilação para evitar a degradação dos materiais, por exemplo garantindo a existência de uma lâmina de ar ventilada entre o revestimento exterior da cobertura e o isolante térmico.

Neste tipo de ventilação deve ser acautelada a possibilidade de ocorrer penetração de água da chuva através das juntas do revestimento descontínuo da cobertura. Tal pode obrigar à introdução de uma camada de protecção para impedir o humedecimento da área do isolante. No quadro 4.2 é possível ver quais os tipos de soluções de isolamento e a sua aplicação.

Quadro 4-2 Tipos soluções para isolamentos [2] [12] [13]

Tipos soluções de isolamento				
No vão da cobertura	Superior	Mantas de lã de mineral		
		Placas de material isolante		
		Material isolante a granel	Fibras ou flocos de lã mineral	
			Granulados (de argila expandida, de betão celular autoclavado, etc.)	
	Inferior	Revestimentos isolantes	Revestimentos descontínuos (placas fixadas mecanicamente ou coladas)	
		Tectos-falsos	Tecto-falso isolante	
Tecto-falso a suportar uma camada de isolamento térmico				
Nas vertentes	Superior	Painéis isolantes especiais (integrando varas, forro interior e isolante térmico)		
		Revestimentos descontínuos (placas fixadas mecanicamente ou coladas) assentes sobre laje de esteira.		
	Inferior	Mantas de lã mineral (recobertas eventualmente com um forro interior)	Fixadas contra as varas da cobertura	
			Fixadas contra réguas dispostas sob as varas e ao longo destas	
			Cruzadas em duas camadas. Com interposição de réguas normais às varas	
			Fixadas contra a laje inclinada	
		Placas de material isolante fixadas às varas (lã mineral, aglomerado negro de cortiça, XPS, EPS, etc.)		

Regulamentação aplicável aos isolamentos térmicos

A Directiva Europeia 89/106/CE, de 21 de Dezembro de 1988, alterada pela Directiva 93/68/CEE, de 22 de Julho de 1993, também designada por Directiva Comunitária dos Produtos da Construção – DPC, está na base da criação do mercado interno livre para os produtos da construção ao promover a elaboração de normas europeias harmonizadas e de aprovações técnicas europeias (ETA), que substituem as diversas normas técnicas nacionais dos estados-membros neste domínio.

De acordo com estes documentos, os produtos de construção só deverão ser comercializados no espaço europeu se apresentarem características que satisfaçam os requisitos essenciais definidos no anexo I do DPC, durante um período de vida útil economicamente razoável.

Os Requisitos Essenciais definidos no anexo I do DPC, a que respeitam as exigências associadas aos produtos de construção, são ao nível da resistência mecânica e estabilidade, da segurança contra incêndios, da higiene, saúde e ambiente, da segurança na utilização, da protecção contra o ruído e da economia de energia e retenção de calor.

Para o caso dos isolantes térmicos, desde 2003 que os fabricantes estão obrigados a declarar as características relevantes dos seus produtos, em particular a resistência e a condutibilidade térmicas – factores essenciais para a avaliação do nível de isolamento térmico da envolvente opaca dos edifícios - tendo por base um referencial europeu comum que atesta a conformidade desses produtos, a “marcação CE”. Entre as exigências mínimas constantes das normas harmonizadas encontra-se o sistema de comprovação de qualidade, o qual inclui obrigatoriamente o controlo de produção.

Melhoria das condições de protecção contra humidade

Como foi referido em grande parte deste trabalho, a humidade é o “pior inimigo da construção” [12]. A humidade tem várias consequências nos edifícios com graus de gravidade variáveis, desde pequenas manchas até desmoronamentos (caso de edifícios antigos sem qualquer manutenção).

Em termos gerais, existem 6 formas principais de manifestação de humidade [2]:

- Humidade de construção;
- Humidade de terreno;
- Humidade de precipitação;
- Humidade de condensação;
- Humidade devida à higroscopicidade dos materiais;
- Humidade devida a causas fortuitas.

Evitar o contacto da água com o edifício é, sem dúvida, a melhor forma de evitar problemas com humidades no mesmo. É evidente que por vezes não é fácil evitar esse contacto. Evitar que águas do solo cheguem à periferia da construção através de criação de barreiras com função específica de impermeabilização, através de execução de paredes duplas em zonas enterradas.

Numa construção existe inevitavelmente a presença de água. Essa água está presente em toda a construção, por exemplo em betão ou argamassas, podendo levar ao apodrecimento dos elementos de madeira existentes, sendo por isso necessário ter sempre isso em atenção numa obra de reabilitação.

Quando se pretendem utilizar betões, argamassas ou madeiras verdes numa obra de reabilitação, deve ser evitado o contacto destes com elementos existentes, uma vez que a humidade presentes neles pode prejudicar o funcionamento adequado dos já existentes.

Outro ponto a salientar em relação a esse possível contacto é que se tal acontecer, haverá uma troca de água de um elemento que dela necessita para

um que não necessita, enquadrando-se no primeiro caso os betões e as argamassas.

Segundo Appleton [12], uma solução passa pela aplicação de uma lâmina de papel kraft, de polietileno, ou outra membrana impermeável ou absorvente, sendo assim possível a absorção ou retenção da água.

No que toca a humidade de precipitação, a cobertura é o elemento da envolvente mais afectado. Numa cobertura inclinada as principais soluções passam pela reparação e provável reforço da estrutura da cobertura, bem como dos sistemas de drenagem. A deformação excessiva das estruturas de cobertura é a primeira causa da perda de estanquidade dos telhados, uma vez que conduz à abertura das juntas entre telhas, à rotura de elementos e à danificação do sistema de drenagem das águas pluviais. Em relação aos revestimentos, a solução preferencial passa por fazer a reparação das coberturas à custa de uma visão geral que implica a substituição dos elementos danificados, por outros de características idênticas. De notar que com a evolução dos tempos as empresas foram alterando as suas dimensões “standard”, existindo assim a necessidade de estabelecer compatibilidade de geometria para que haja um perfeito assentamento. Isto porque caso haja incompatibilidade, a penetração da água através de pequenas aberturas é mais facilitada.

Enunciam-se de seguida, segundo Appleton, as possíveis soluções de reabilitação a aplicar em coberturas tradicionais com telhas de canudo [12]:

- Execução de lajetas de cobertura, sobre estruturas de madeira, à base de argamassas de cimento ou micro-betões com armadura constituída por rede de aço distendido. Redes de aço galvanizado são pregadas à estrutura de madeira, previamente dimensionada e reforçada, seguindo-se a aplicação da argamassa em camada única com 30 a 50mm de espessura. Sobre esta lajeta aplica-se as ripas, de madeira tratada ou de argamassa, servindo de base à montagem da telha.

- Revestimento prévio da estrutura de cobertura com chapa ondulada de fibrocimento, de cartão betuminoso, de aço, ou outros materiais, seguindo-se a aplicação directa da telha sobre essa chapa. A partir deste ponto existem duas opções: construir um telhado corrente, com telhas a constituir os canudos e as abas ou aproveitar as cavas das ondas para fazer os canais da cobertura, colocando apenas os canudos.
- Colocação de uma membrana impermeável à água entre a estrutura de cobertura e o revestimento de telha; a impermeabilização pode ser constituída por feltros ou telas betuminosas, sendo da maior importância evitar que durante a colocação do telhado, as telas sejam danificadas.

No que toca a sistemas de drenagem pluvial o processo consiste na revisão de todos os elementos: caleiras, algerozes, tubos de queda e acessórios. Em edifícios antigos estes elementos normalmente são de zinco, cobre ou chumbo, predominando o primeiro. A maior parte das acções de manutenção efectuadas passam por pequenas emendas locais de forma a corrigir pequenos incidentes. No entanto, pode ser necessária a substituição na íntegra destes elementos. Appleton [12] sugere o uso de materiais tradicionais uma vez que estes provaram, de facto, a sua durabilidade, uma vez que perduraram desde a sua colocação nos edifícios.

Cumulativamente, estes materiais e respectivas soluções de drenagem provaram a sua compatibilidade com os restantes materiais e técnicas construtivas empregues nos edifícios, pelo que a sua utilização, além de garantir autenticidade à obra, garante o funcionamento conjunto dos sistemas.

Quanto à humidade de condensação, esta normalmente apresenta-se sob a forma de humidade superficial, podendo eventualmente ocorrer no interior dos edifícios. Isto acontece devido a um acentuado diferencial de temperatura usualmente observável na época de Inverno, quando o ar húmido interior entra em contacto com a superfície interior da envolvente, assim arrefecendo e atingindo a temperatura ponto de orvalho. Este tipo de fenómeno usualmente acontece quando existem deficiências no isolamento térmico, mais

recorrentemente em zonas de pontes térmicas, muitas vezes associado a um elevado teor de humidade presente no ar interior.

As condensações apresentam-se sob a forma de manchas húmidas provocando o desenvolvimento de fungos e bolores. Quando não se efectua nenhuma intervenção no sentido de corrigir o problema, pode levar a danos nos restantes elementos. A solução deste problema passa por actuar sobre a produção de humidade e a manutenção de um teor adequado de humidade nos ambientes interiores, através de correcções nos sistemas de ventilação dos locais, procedendo à desumidificação dos espaços ou actuando sobre as temperaturas dos elementos de construção, executando medidas de reforço do isolamento térmico. Pode-se também considerar a colocação de barreiras de vapor que impedem a formação de condensações internas ou intersticiais. Particularmente nos casos das coberturas tradicionais, a ventilação é a solução mais simples e natural quando se pretende reduzir o risco de condensações.

Em edifícios antigos criavam-se compartimentos sem aberturas de ventilação nem de iluminação, fazendo com que o espaço fosse completamente confinado. A solução nestes casos passa por criar pequenas aberturas para provocar circulação de ar. Em relação a humidades de condensações as coberturas são bastante vulneráveis quando se encontram deficientemente isoladas, principalmente nos casos em que existe ocupação do desvão de cobertura. A solução pode passar pela criação de janelas de cobertura, que asseguram aos desvãos iluminação natural e ventilação, ou pela colocação de grelhas e telhas de ventilação.

Quanto à higroscopicidade dos materiais, pode-se afirmar que é consistente propriedade que os materiais porosos têm para, quando colocados no estado seco num meio ambiente com uma dada humidade relativa, reterem nos seus poros uma certa quantidade da humidade existente no ambiente, até se atingir uma situação de equilíbrio, dita de equilíbrio higroscópico, com esse ambiente [2].

Materiais como a madeira e seus derivados, fibrocimento, betão leve e alguns isolamentos são bastante higroscópicos, tendo tendência para atingir um teor de água relativamente elevado quando a humidade relativa do ar ambiente se aproxima do ponto de saturação. Esta situação pode mesmo levar a um aumento da condutibilidade térmica de isolamentos térmicos, prejudicando assim o seu desempenho.

Melhoria de condições contra incêndios

A segurança contra incêndios é um dos pontos fracos dos edifícios antigos. Para tal contribui um conjunto de situações, que vão das disposições arquitectónicas e construtivas até aos materiais utilizados. No caso em apreço, constata-se que existe uma grande facilidade de propagação de incêndios associada à forte carga térmica dos edifícios antigos por via da natureza dos materiais constituintes. A solução para esta situação, no que toca a coberturas, passa pela escolha de materiais com elevada resistência ao fogo. As restantes soluções e implicações não têm directamente influência na reabilitação de uma cobertura, uma vez que estão directamente ligadas à reabilitação de outros elementos que propiciam a ocorrência de incêndios, tal como, a título de exemplo, a renovação da rede eléctrica.

Acções de manutenção visando a prevenção contra a humidade

Uma adequada manutenção pode prevenir o aparecimento precoce de patologias num edifício. No caso das coberturas tradicionais, é recomendável uma manutenção periódica, a realizar pelo menos uma vez por ano antes de cada Inverno (Quadro 4.3) cobrindo os seguintes pontos [2]:

- Retirada de musgos, vegetação e resíduos;
- Desobstrução do sistema de drenagem com a limpeza de eventuais detritos e sujidades que se acumulam nas caleiras e nas embocaduras de tubos de queda;
- Manutenção dos remates e das peças específicas;

- Manutenção da estrutura de apoio do revestimento da cobertura;
- Desobstrução dos pontos de ventilação.

Quadro 4-3 Operações de manutenção em coberturas inclinadas e sua periodicidade [2].

Tarefa	Periodicidade
Inspecção geral dos elementos da cobertura	Anual
Desobstrução dos pontos de ventilação	Semestral
Eliminação de verdete, vegetação e detritos	Anual
Inspecção e manutenção do sistema de drenagem de águas pluviais	Semestral
Inspecção e manutenção dos remates da cobertura	Anual
Verificação das fixações	Anual

5. Caso de estudo

O caso de estudo escolhido foi o Centro de Saúde da Batalha (Unidade de Saúde Rainha D.Amélia), sito na freguesia da Sé no concelho do Porto (figura 5.1).

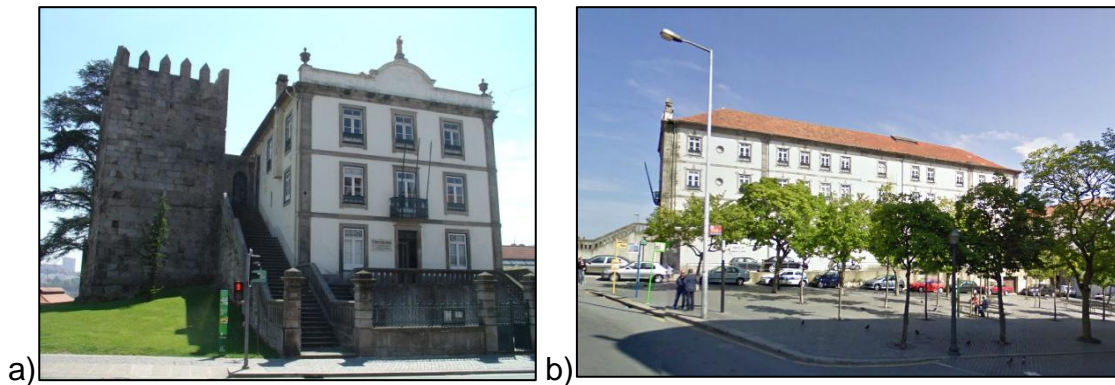


Figura 5-1 Centro de Saúde da Batalha, Porto. a) frente; b) poente.

O edifício desenvolve-se em cinco pisos. No piso 0 estão situados os compartimentos técnicos, compartimentos de armazenamentos e alguns consultórios. No piso 1, 2 e 3 estão localizados os consultórios e os escritórios de administração. No desvão da cobertura, piso 4, está localizado a bar e o arquivo.

A reabilitação de construções antigas é uma tarefa difícil, devido à sua complexidade geométrica intrínseca, à heterogeneidade e variabilidade das propriedades, dos materiais tradicionais, ao escasso conhecimento sobre técnicas construtivas originais, à difícil caracterização das acções e à quase inexistência de normas ou instruções específicas que salvaguardam os técnicos responsáveis. Nas figuras 5.2, 5.3 e 5.4 apresentam-se as plantas da cobertura, do vão da cobertura e alçados do edifício em estudo.

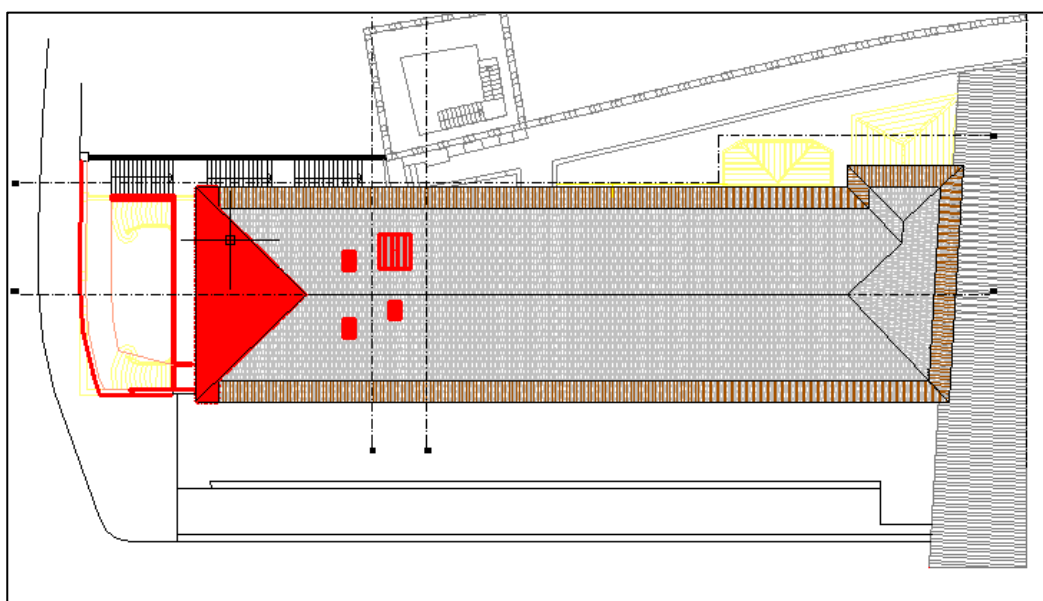


Figura 5-2 Planta da cobertura (existente e proposto) [22]

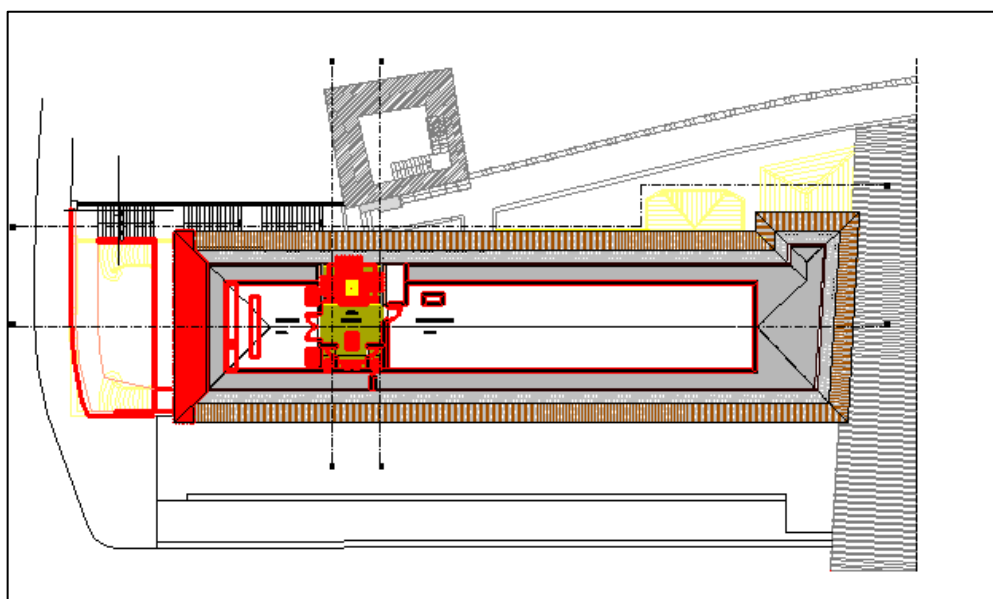


Figura 5-3 Planta vão de cobertura (existente e proposto) [22]

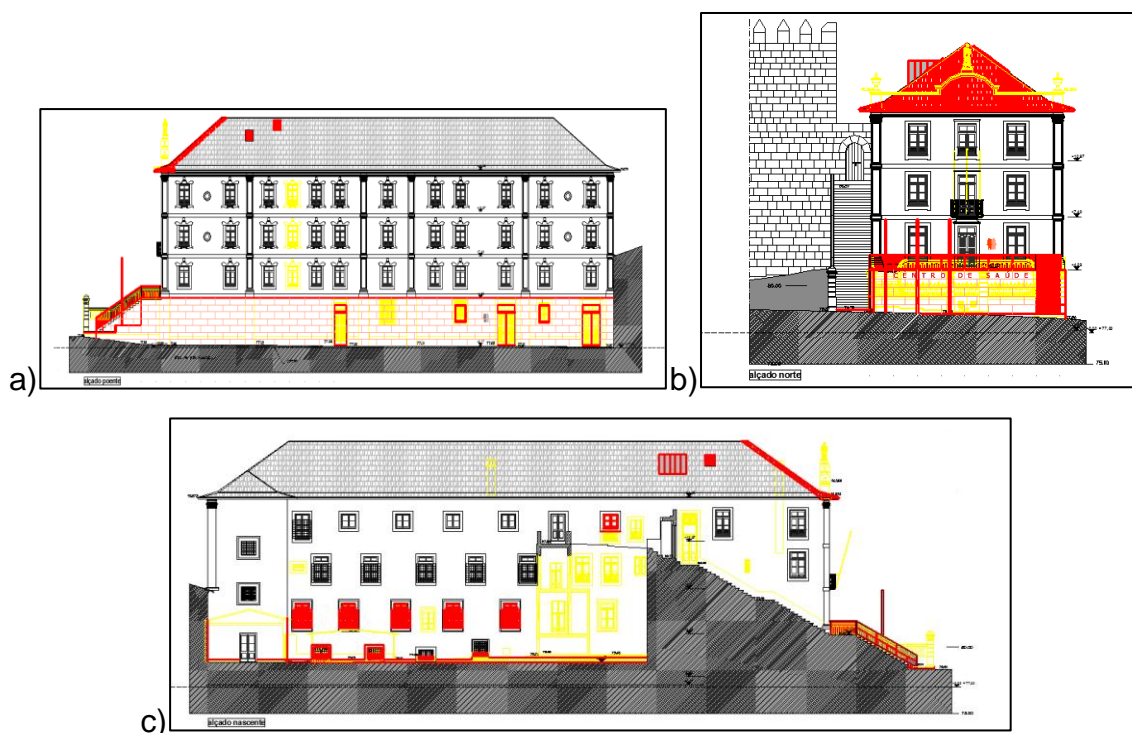


Figura 5-4 Alçados a) alçado poente; b) alçado norte; c) alçado nascente. [22]

5.1. Descrição da cobertura

A cobertura do presente edifício é do tipo inclinado com desvão habitável. A estrutura é totalmente de madeira e é revestida com telha cerâmica. Contém caleiras e algerozes em zinco ou chapa zincada.

Numa primeira vista, a cobertura não garante a estanquidade necessária e apresenta deficiências estruturais.

O presente estudo refere-se à reabilitação não-estrutural da cobertura. No entanto, e para enquadramento desta questão, será de referir que a reabilitação estrutural passa pela substituição integral da estrutura de madeira por uma estrutura metálica, de forma a garantir o máximo pé-direito e por consequência a utilização do desvão da cobertura por inteiro, como indicam as figuras 5.5, 5.6 e 5.7.

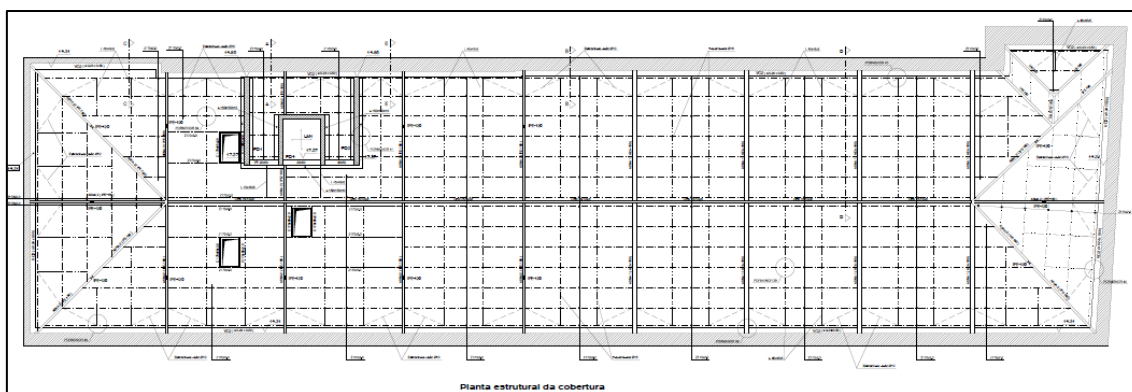


Figura 5-5 Planta estrutural da cobertura (planta definida para reabilitação) [22]

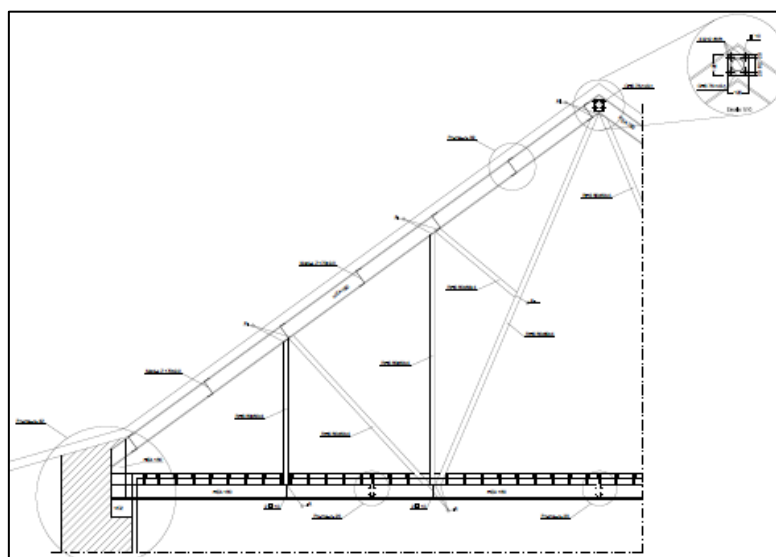


Figura 5-6 Corte da cobertura [22]

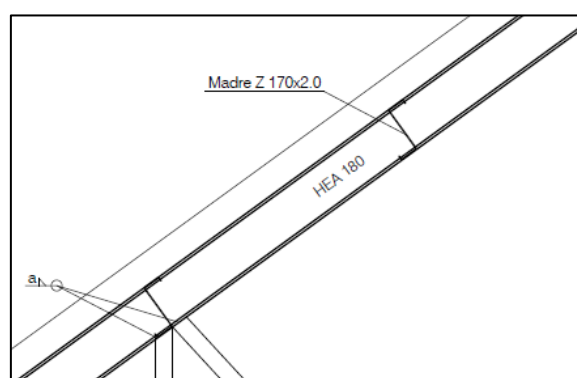


Figura 5-7 Corte da cobertura (Pormenor madre e HEA) [22]

5.2. Anomalias existentes

O método de detecção de patologias mais usado neste estudo foi o método de análise visual, tendo-se para o efeito efectuado visitas ao local obtido o correspondente registo fotográfico. Refira-se que as anomalias encontradas são de diversa ordem, desde a degradação e deformação da estrutura em madeira, até à acentuada deformação e degradação do revestimento em telha cerâmica, passando por igual degradação verificada ao nível do sistema de recolha e drenagem de águas pluviais. Em face do mau estado de conservação geral da cobertura e da utilização pretendida para o seu desvão (exigindo a maximização do pé-direito livre), foi decidido pelo não aproveitamento da cobertura existente, quer ao nível do revestimento e sistema de drenagem, quer ao nível da estrutura. Assim, e como já referido, foi tomada a opção por uma estrutura metálica construída de raiz, sobre a qual assentará um sistema de revestimento isolado pelo interior, no pressuposto da integral substituição do sistema de drenagem de águas pluviais.



Figura 5-8 Deformação da cobertura



Figura 5-9 Vegetação



Figura 5-10 Sistema de drenagem de águas pluviais

5.3. Soluções propostas para reabilitação da cobertura

No processo de reabilitação de uma cobertura devem ser definidos os vários elementos a executar, tais como, o tipo de estrutura, o tipo de revestimentos e o tipo de isolamento e acabamento interior. Em relação ao tipo de estrutura, está previsto que esta seja do tipo metálico (figura 5.11), com perfis metálicos HEA 180 e madres Z170x2.0 (figura 5.7)



Figura 5-11 Estrutura metálica

Soluções de isolamento térmico

A solução de isolamento de uma cobertura inclinada pode variar desde painéis Sandwich a uma simples camada de isolamento térmico. O isolamento pode ser colocado nas vertentes ou no vão, pelo exterior ou pelo interior.

No caso de estudo optou-se pela aplicação nas vertentes, uma vez que o desvão da cobertura será utilizável, ou seja, será um espaço útil aquecido. Os isolamentos a considerar podem ser de vários tipos:

- Mantas ou placas de lã mineral (MW)
- Placas de poliestireno expandido moldado (EPS)
- Placas de poliestireno expandido extrudido (XPS)
- Placas de aglomerado negro de cortiça expandida (ICB)
- Espuma rígida de poli-isocianurato (PIR) ou de poliuretano (PUR).

Todos estes tipos de isolamento apresentam bons valores de condutibilidade térmica, usualmente variando entre 0,055 e 0.037 W/m.°C. [11]

No caso português, tem-se registado uma dominância de utilização do XPS, possivelmente devida à sua boa relação desempenho/preço, aliada à facilidade de montagem em obra. Refira-se que o XPS apresenta uma boa *performance* ao nível da condutibilidade térmica, da resistência à água, do comportamento

mecânico, da estabilidade dimensional e do comportamento face aos agentes atmosféricos, entre outros.

Ultimamente tem-se verificado uma maior apetência pela utilização do aglomerado negro de cortiça, por se tratar de uma solução de origem nacional, sustentável e com boa durabilidade, embora neste tipo de coberturas o seu comportamento face à água, aliado ao seu preço, possam constituir um óbice à sua aplicação.

De todos os isolamentos anteriormente referidos, quase todos apresentam aspectos negativos em relação à toxicidade sendo o PUR o mais tóxico [8]. A cortiça é neste caso a grande excepção, uma vez que é um produto natural e totalmente reciclável. [8]

Também em termos de produção, a cortiça encontra-se entre os isolantes com menos energia embebida, ou seja, que consomem menos energia de processo.

Com a evolução da tecnologia e particularmente das preocupações ambientais, começou a ser pensada a fabricação de isolamentos térmicos à base de materiais naturais e resíduos. De entre vários produtos colocados no mercado e utilizados com alguma intensidade em vários países da Europa, pode-se apontar, para além dos já referidos isolamentos compostos por resíduos da indústria da cortiça, isolamentos feitos à base de desperdícios de papel (celulose) e de fibras vegetais (cânhamo e outras). Este tipo de isolamentos podem apresentar bons valores de condutibilidade térmica, próximos dos obtidos pelas lãs minerais (MW).

No que se refere aos sistemas utilizados em coberturas propriamente ditos, a solução tradicional corresponde à colocação de isolamento simples com recurso a telas impermeáveis de acordo com a figura 5.12. Este tipo de solução aplica-se de forma geral a coberturas com suporte contínuo.

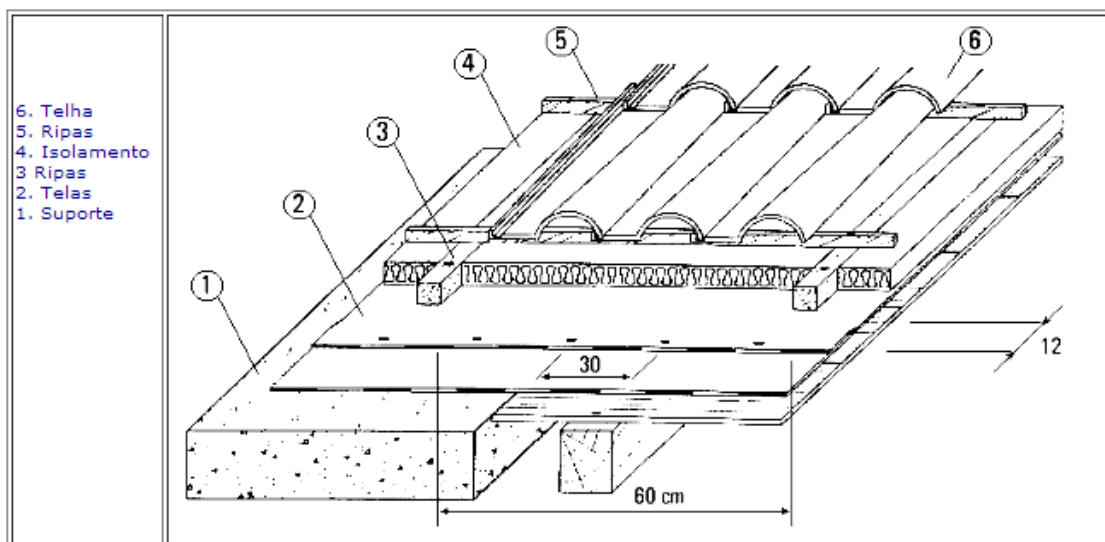


Figura 5-12 Solução tradicional de uma cobertura inclinada. [20]

Uma vez que no caso de estudo o suporte é descontínuo, neste tipo de solução o isolamento deve apresentar boa resistência mecânica, uma vez que pode ficar sujeito a deformações.

Uma solução na linha das anteriores, mas menos tradicional porque em boa parte vai de encontro às preocupações ambientais, incorpora uma lã mineral natural baseada em materiais renováveis, que substituem os componentes químicos derivados do petróleo. Este tipo de isolamento é, também ele, aplicado preferencialmente em situações em que o vão de cobertura é habitado. Para evitar a penetração da água recorre-se ao uso de uma membrana impermeável transpirável sobre o painel de Lã Mineral (figura 5.13). Neste tipo de solução recomenda-se a utilização de uma barreira para-vapor.

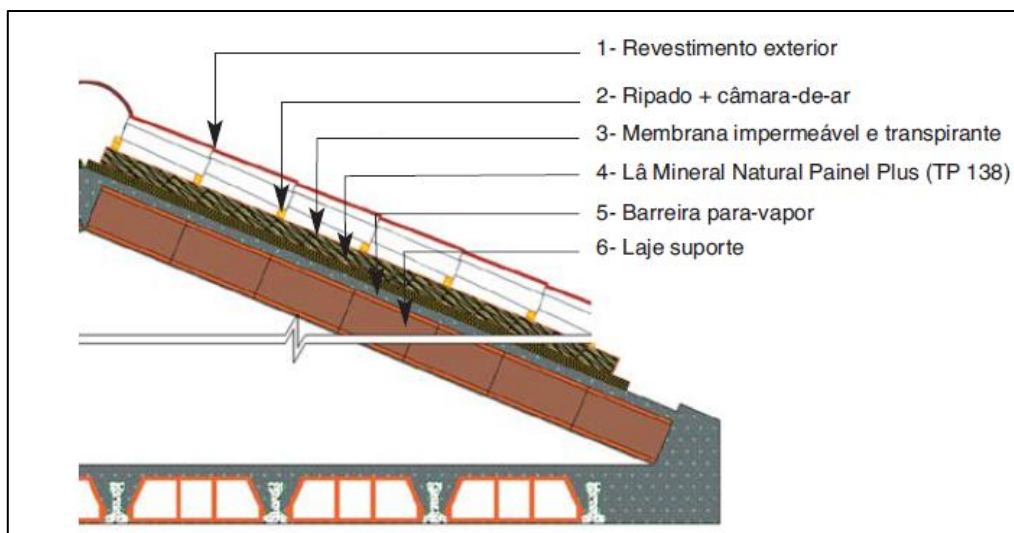


Figura 5-13 Solução para Lã Mineral Natural (Knauf Insulation) [21]

Uma outra solução de base para o isolamento térmico das vertentes das coberturas consiste no isolamento da cobertura pelo interior, seja sob a laje de suporte, seja sob a estrutura de madeira ou outra na ausência da primeira. Trata-se de uma solução tipicamente utilizada em trabalhos de reabilitação, quando a cobertura se apresenta em bom estado de conservação e se pretende manter. Neste tipo de solução inclui-se a simples aplicação pelo interior de painéis rígidos sem acabamento, como é o caso do poliestireno extrudido ou outros, ou a aplicação de painéis rígidos compostos, como é o caso de painéis tipo sandwich, com impermeabilização pelo extradorso do isolamento e com acabamento final pelo seu intradorso.

Subtelha

Uma das principais exigências funcionais de uma cobertura é a estanquidade à água. Uma forma simples e económica de numa cobertura tradicional evitar que tal aconteça é a aplicação de subtelha solução bastante utilizada em reabilitações. Mesmo que a telha quebre ou se danifique por qualquer motivo, a subtelha evita que a água penetre para o interior.

Um tipo comum de subtelha é do tipo fibrobetuminosa, como é patente na figura 5.14, que, como já dito, tem como principal objectivo evitar infiltrações.

A subtelha, seja deste ou doutro tipo, pode ser aplicada em qualquer tipo de estrutura, logo, pode ser aplicada na estrutura metálica do caso em estudo, ou numa estrutura de madeira mais tradicional. A aplicação da subtelha depende do tipo de telha que se deseja colocar: telha de canudo, telha lusa ou telha marselha. A situação mais favorável à aplicação deste produto passa pela aplicação em estruturas/suportes que garantam que não haja deformações excessivas devido à sua flexibilidade.







Figura 5-14 Subtelha em coberturas inclinadas

Soluções tradicionais de revestimentos

No quadro 5.1 reproduzem-se os cinco tipos de telhas cerâmicas mais comuns em Portugal no revestimento de coberturas inclinadas. Refira-se que no caso do presente caso de estudo, será aplicada telha do tipo Marselha.

Quadro 5-1 Subtelha em coberturas inclinadas

Telha Lusa (de aba e canudo com encaixe)	
Telha Marselha	
Telha de Canudo	
Telha Romana	
Telha plana	

Apresentam-se também na figura 5.15 os vários tipos de acessórios que se utilizam nas coberturas em telha cerâmica. Para cada remate e para cada tipo de telha deverá ser seleccionado um acessório específico.



Figura 5-155 Acessórios para telha Marselha

Solução adoptada

De forma a obter simultaneamente um bom comportamento térmico da cobertura e um acabamento final interior adequado, a solução adoptada no caso estudo passa pela aplicação pela face interior da cobertura de um painel Sandwich (marca Onduline, figura 5.16). É um painel em madeira, gesso ou derivados de madeira. É constituído por um aglomerado hidrófugo, isolamento térmico em poliestireno extrudido (XPS), com acabamento interior à escolha de entre várias opções. A espessura do isolamento é variável. É uma solução económica, uma vez que proporciona um bom rendimento de mão-de-obra. Sendo um material resistente, permite estruturas leves e simples, possibilitando a habitabilidade do espaço do desvão da cobertura.

Detalhadamente, a constituição dos painéis é a seguinte:

- Face superior: Aglomerado hidrófugo;
- Núcleo: Poliestireno extrudido;
- Face inferior: Variável - friso de abeto, fibras de madeira orientadas, gesso cartonado, aglomerado hidrófugo, cimento-madeira.



Figura 5-166 ONDUTHERM Painel Sandwich [19]

As características relevantes dos painéis, em termos de cargas admissíveis e em termos de desempenho térmico são as constantes no Quadro 5.2.

O zonamento climático de Portugal é obtido através da divisão do país em três zonas climáticas de Inverno (I_1 , I_2 e I_3) e em três zonas de Verão (V_1 , V_2 e V_3). [23]

No caso em apreço foi tomada a opção pelo painel tipo H19+A80+H10/FAN, que garante um coeficiente de transmissão térmica de $0,41 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$, valor próximo do valor de referência de $0,40 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ prescrito pelo REH para a zona climática I1 (zona onde se encontra o edifício). O REH estabelece os requisitos para o desempenho energético dos edifícios de habitação novos ou sujeitos a intervenções de reabilitação.

Quadro 5-2 Cargas máximas admissíveis e valores de U (W/m²/°C) [19]

Tipo de Painel	Dimensões (mm)	Secção (mm)	Coeficiente de transmissão térmica U (W/m ² °C)	Cargas admissíveis (kg/m ²) com:		
				3 apoios	4 apoios	5 apoios
H19+A40+H10/FAN	2500X600	69	0,71	220	335	450
H19+A50+H10/FAN	2500X600	79	0,59	260	400	530
H19+A60+H10/FAN	2500X600	89	0,50	305	455	615
H19+A80+H10/FAN	2500X600	109	0.41	365	553	712
H19+A100+H10/FAN	2500x600	129	0.33	520	705	910

O revestimento previsto para a cobertura será em telha cerâmica do tipo Marselha, sob a qual será colocada subtelha Onduline (figura 5.17). Um sistema desta natureza, associado a uma estrutura integralmente metálica (inclusive no que toca ao ripado), garante a autenticidade desejada para o revestimento aliada a um elevado nível de isolamento térmico, a uma garantia de protecção contra a humidade e a uma adequada ventilação, Em face do tipo de estrutura adoptado, é simultâneamente assegurada a baixa deformabilidade da solução de cobertura.



Figura 5-177 Solução para o sistema de cobertura

6. Conclusões

As coberturas dos grandes centros históricos são na sua maioria inclinadas e necessitam de reabilitação e manutenção. Usualmente a sua estrutura é constituída por asnas em madeira e o revestimento é executado em telhas cerâmicas. O estado de degradação da estrutura de madeira é frequentemente elevado, nomeadamente nas zonas de apoio e no ripado, e a sua estabilidade dimensional está também muitas vezes comprometida. As telhas cerâmicas apresentam igualmente patologias não negligenciáveis, muitas vezes devidas à combinação da deformação da estrutura e da acção dos agentes atmosféricos.

Do ponto de vista térmico, o isolamento é em regra inexistente nos edifícios antigos, uma vez que na altura da sua construção a aplicação deste tipo de materiais não era usual ou nem sequer conhecido. A falta de isolamento levava a um enorme consumo energético e a uma falta de conforto interior. Quando se leva a cabo um projecto de reabilitação deve-se ter em conta as anomalias existentes tais como anomalias estruturais e anomalias dos materiais e das humidades que se encontram nas coberturas.

A humidade é o factor que mais prejudica as coberturas, sendo o primeiro elemento a ter em conta na sua reabilitação. As coberturas, sendo o elemento da envolvente que mais se encontra exposto a grandes amplitudes térmicas, devem ser sempre reabilitadas tendo como objectivo a eliminação da penetração de humidades e a sua adequada ventilação.

Cumulativamente, as coberturas inclinadas, particularmente sempre que o desvão constitua um espaço útil, devem ser objecto de isolamento térmico nas suas vertentes, o que não só garante um maior conforto do espaço, como também se revela uma opção ajustada sob o ponto de vista económico. A solução encontrada consiste num sistema constituído por revestimento em telha cerâmica tipo Marselha, assente sobre subtelha e estrutura metálica, e revestida pelo interior com um painel sandwich com núcleo de poliestireno extrudido, impermeabilizado pelo extradorso e acabado pelo intradorso. Esta solução vai de encontro aos objectivos da reabilitação, respeitando as exigências funcionais que devem ser observadas pelas coberturas desta natureza.

7. Referências Bibliográficas

- [1] – *Exigências funcionais de coberturas tradicionais*. Disponível em:
<http://www.civil.ist.utl.pt/~mgloria/ed1/ExigFunc.pdf>
- [2] - AAVV. *Guia Técnico de Reabilitação Habitacional*, Volumes 1 e 2. INH / LNEC. Lisboa. 2006
- [3] - *Manual de aplicação de Telhas Cerâmica*, Edições Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro
- [4] – Cerâmica Torreense. Disponível em: www.ceramicatorreense.pt
- [5] – Tirone L., *Coberturas Eficientes*, Edições ADENE Agência Para Energia, Abril 2011.
- [6] – Rocha J. S. *Reabilitação do Ponto de Vista Térmico de Coberturas Inclinadas*, No Centro Histórico do Porto, Julho 2008.
- [7] – Gesta dos Santos, A. C. *Reabilitação Térmica De Coberturas De Edifícios Antigos*, Julho de 2009
- [8] – Torgal, F. P. e Jalali, S.: *A Sustentabilidade dos Materiais de Construção*, TecMinho, Novembro 2010.
- [9] – RATO, V.M: *Conservação do Património Histórico Edificado/Sistematizado de Princípios Gerais*. 3º Encore.Lnec.Lisboa
- [10] – FIELDEN, B.: *Conservation of historic buildings*. Edições Butterworth/Heinemann.
- [11] – Santos, C. A. & Matias, L. *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios – Informação Técnica de Edifícios – ITE 50*. LNEC. 2006.

- [12] Appleton, J. *Reabilitação de Edifícios Antigos – Patologias e Técnicas de Intervenção*: Edições Orion, 2003
- [13] Paiva, J. V. *Comunicação Medidas de Reabilitação Energética em Edifícios ao Workshop sobre Reabilitação Energética de Edifícios em Zonas Urbanas*, Lisboa, Março 2000
- [14] - A regulamentação térmica e acústica e sua aplicabilidade em edifícios a reabilitar no Centro Histórico do Porto – estudo de caso
- [15] – Decreto-Lei nº96/2008 de 9 de Junho, *Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios* (RRAE).
- [16] - *Cap. IV - Coberturas em Telhas Cerâmicas*
- [17] – Lourenço, P. *Guia para Reabilitação, Revestimentos e Impermeabilização de Coberturas Cerâmicas Inclinadas*
- [18] – Pimentel, A. F. e Martins J.G. *Reabilitação de edifícios tradicionais*, 1ª Edição 2005
- [19] – Onduline, Ondutherm Painel Sandwich em Madeira, Disponível em: <http://www.onduline.com/pt/files/docs/1283420255.pdf>
- [20] – Sistemas de Impermeabilização de Coberturas. Disponível em: <http://www.a2a.pt/sistemas/>
- [21] – Isolamentos Térmicos, Catálogos Knauf Insulation. Disponível em: <http://www.knaufinsulation.pt/produtos>
- [22] – PP SEC, Engenharia , Peças Desenhadas
- [23] – *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios*, Porto Editora, Julho 2006